

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Электроснабжение»

В. Д. Елкин, А. В. Иванейчик

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области энергетики и энергетического
оборудования в качестве учебно-методического пособия
по выполнению курсовой работы для студентов
учреждений высшего образования, обучающихся
по специальности 1-43 01 03
«Электроснабжение (по отраслям)»*

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2020

УДК 628.9(075.8)
ББК 31.294я73
Е51

Рецензенты: доц. каф. «Автоматизированный электропривод» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *В. В. Тодарев*;
начальник производственной лаборатории диагностики энергооборудования
и качества электроэнергии филиала «Госэнергонадзор»
РУП «Гомельэнерго» *В. Н. Петренко*;
зам. заведующего отделом ТСКДН РУП «Производственное объединение
«Белоруснефть» БелНИПИнефть канд. техн. наук *О. В. Лымарь*

Елкин, В. Д.
Е51 Электрическое освещение : учеб.-метод. пособие / В. Д. Елкин, А. В. Иванейчик ;
М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ
им. П. О. Сухого, 2020. – 101 с. – Систем. требования: РС не ниже Intel Celeron 300 МГц ;
32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat
Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-442-1.

Содержит теоретический материал, методические указания по выполнению курсовой работы с примерами, задания для курсовой работы с вариантами, приложения с техническими характеристиками источников света и светильников, аппаратов защиты, проводов и кабелей, требования по оформлению пояснительной записки и чертежей графической части.

Для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)».

УДК 628.9(075.8)
ББК 31.294я73

ISBN 978-985-535-442-1

© Елкин В. Д., Иванейчик А. В., 2020
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2020

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Проектирование электрического освещения	6
1.1. Системы и виды освещения.....	6
1.2. Рекомендации по выбору уровней освещенности и коэффициента запаса	7
1.3. Рекомендации по выбору источников света.....	10
1.4. Критерии выбора типа светильников.....	12
1.5. Способы размещения светильников по высоте и на плане помещений	17
Глава 2. Светотехническая часть	21
2.1. Расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока	21
2.2. Расчет освещения методом удельной мощности	25
2.3. Расчет освещения точечным методом с использованием пространственных изолукс	28
2.4. Расчет освещения точечным методом с использованием линейных изолукс	31
Глава 3. Электрическая часть	35
3.1. Определение установленной и расчетной мощности осветительной установки.....	35
3.2. Расчет электрической сети освещения.....	36
3.3. Схемы питания электрического освещения.....	48
3.4. Рекомендации по выбору осветительных щитков и способы прокладки электрической проводки	54
3.5. Защита осветительной сети и выбор автоматических выключателей	56
Глава 4. Управление электрическим освещением	62
Литература.....	67
Приложение 1. Технические данные электрооборудования	67
Приложение 2. Рекомендации по оформлению пояснительной записки и графической части	75
Приложение 3. Задание для выполнения курсовой работы.....	81
Приложение 4. Планы помещений.....	90

ВВЕДЕНИЕ

Современную цивилизованную жизнь невозможно представить без искусственного электрического освещения (ЭО). Осветительные установки (ОУ) являются одними из наиболее распространенных технических устройств, применяемых во всех сферах человеческой деятельности.

Расход электроэнергии на освещение в Республике Беларусь значителен и составляет 11–14 % от всей потребляемой электроэнергии в стране. Применение энергоэффективных источников света, обеспечивающих минимальные расходы электроэнергии, и ОУ является важнейшей задачей.

Значимость электрического освещения ЭО определяется тем, что при правильном выполнении осветительных установок электрическое освещение создает в производственных, административных, жилых помещениях комфортные условия для работы и отдыха людей, а также является эстетическим дополнением к архитектурному оформлению помещений. Качественное освещение способствует повышению производительности труда, улучшению качества выпускаемой продукции, уменьшению количества аварий и случаев травматизма, снижает утомляемость рабочих; обеспечивает значительную работоспособность; оказывает положительное физиологическое и психологическое воздействие на человека.

Целью проектирования ОУ является создание такой световой среды, которая бы обеспечивала светотехническую эффективность освещения с учетом требований физиологии зрения, гигиены труда, техники безопасности.

При проектировании ЭО необходимо, чтобы были обеспечены требуемые уровни освещенности и показатели качества освещения на рабочих местах и в помещениях в целом, поскольку при этом создаются комфортные условия для зрения работающих людей.

Порядок расчета электрического освещения при проектировании осветительных установок – это выполнение светотехнической части и электрической части проекта.

В светотехнической части разрабатываются такие основные вопросы, как выбор системы освещения, требуемой освещенности и коэффициента запаса, источников света и световых приборов, размещение светильников.

В электрической части проекта производится расчет осветительной питающей и групповой сети. Выполняется расчет параметров и выбор аппаратов защиты.

В данном учебно-методическом пособии приведены материалы по проектированию светотехнической и электрической частей электрического освещения. Рассматриваются световые методы расчета освещения: метод коэффициента использования светового потока, точечный метод расчета с использованием пространственных и линейных изолюкс. Описан расчет электрической осветительной сети – расчет сечений проводов и кабелей и выбор защиты сети. Приведены в достаточном для проектирования ОУ объеме нормативно-справочные материалы.

Глава 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

1.1. Системы и виды освещения

Системы освещения. По способам размещения светильников в помещениях различают системы общего, местного и комбинированного освещения.

Система общего освещения предназначена для освещения всего помещения и рабочих поверхностей. Общее освещение может быть равномерным и локализованным. Светильники общего освещения располагают в верхней зоне помещения и крепят их на строительных основаниях здания непосредственно к потолку, на фермах, на стенах, колоннах или на технологическом производственном оборудовании, на тросах и т. д.

Местное освещение предусматривается на отдельных рабочих местах (станках, верстаках, столах, разметочных плитах и т. д.) и выполняется светильниками, установленными непосредственно у рабочих мест.

Устройство в помещениях только местного освещения нормами запрещено. Местное ремонтное освещение выполняется ручными светильниками, которые подключаются через понижающий трансформатор на безопасном напряжении 12, 24, 36, 42 В в зависимости от категории помещения в отношении безопасности обслуживающего персонала.

Система комбинированного освещения уменьшает установленную мощность и расход электроэнергии, так как лампы местного освещения включаются только на время выполнения работ непосредственно на рабочем месте.

Виды освещения. Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное. Аварийное освещение может быть освещением безопасности и эвакуационным.

Рабочим называется освещение, которое обеспечивает нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий.

Рабочее освещение выполняется для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Освещением безопасности называется освещение для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения. Такой

вид освещения предусматривается в случаях, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать: взрыв, пожар, отравление людей; длительное нарушение технологического процесса; нарушение работы ответственных объектов, таких как электрические станции, узлы радио- и телевизионных передач и связи, диспетчерские пункты, насосные установки водоснабжения, канализации и теплофикации, в которых недопустимо прекращение работ и т. п. Это освещение должно создавать на поверхностях, требующих обслуживания, освещенность не менее 5 % нормированной для рабочего освещения при системе общего освещения, но не менее 2 лк.

Эвакуационным называется освещение для эвакуации людей из помещений при аварийном отключении рабочего освещения. Эвакуационное освещение предусматривается в помещениях или в местах производства работ вне зданий в основном в следующих случаях: в местах, опасных для прохода людей; в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуируемых более 50 человек; по основным проходам производственных помещений, в которых работают более 50 человек; в помещениях общественных зданий, административных и бытовых зданий промышленных предприятий, если в помещениях могут одновременно находиться более 100 человек; в производственных помещениях без естественного света и др.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов (или на земле) в помещениях 0,5 лк, на открытых территориях – 0,2 лк.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать освещенность в проходах, проездах, а также выходы и выезды из помещений.

Охранное освещение, при отсутствии специальных технических средств охраны, должно предусматриваться вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время и должно создавать освещенность не менее 0,5 лк на уровне земли.

1.2. Рекомендации по выбору уровней освещенности и коэффициента запаса

Правильное определение уровня нормированной освещенности в значительной степени обуславливает эффективность осветительной установки.

Под нормированной освещенностью понимается минимальная освещенность, которая должна иметь место в «наихудших» точках

освещаемой поверхности. Установлена следующая шкала нормируемых значений освещенности: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000; 7500 лк.

Нормы освещенности искусственного освещения промышленных помещений, общественных и жилых зданий, территорий предприятий и организаций, улиц, площадей регламентированы нормативными документами. Основным нормативным документом для выбора минимальных норм освещенности является ТКП 45-2.04–2009 «Естественное и искусственное освещение» [2].

Пример определения уровней освещенности, коэффициентов пульсации в соответствии с рекомендациями [2] приведен в табл. 1.1 в зависимости от характеристики зрительной работы.

Нормированные значения освещенности должны быть обеспечены в течение всего времени эксплуатации осветительной установки. Однако из-за старения и загрязнения ламп и светильников и поверхностей помещений уровень освещенности со временем снижается. Поэтому начальная освещенность должна увеличиваться на стадии проектирования осветительной установки, что достигается введением коэффициента запаса, который зависит от количества и характера пыли в воздухе, степени старения данного типа источников света, светильников, и конечно, периодичности очистки ламп и светильников.

В зависимости от указанных обстоятельств значение коэффициента запаса принимается в пределах 1,3–2,0 для помещений, территорий при количестве чисток светильников в год и эксплуатационной группы светильников.

Значение коэффициентов запаса для некоторых помещений и зон:

- кабинеты и рабочие помещения, жилые комнаты, учебные классы, читальные и торговые залы – 1,4;
- цеха инструментальные, сборочные, механические, механо-сборочные, пошивочные – 1,4;
- цеха кузнечные, литейные, мартеновские, сборного железобетона, цеха химических заводов по выработке кислот, щелочей, удобрений, цеха гальванических покрытий и электролиза – 1,6;
- горячие цеха предприятий общественного питания, помещения прачечных, душевые – 1,6;
- цементные заводы, обрубные отделения литейных цехов, агломерационные фабрики – 1,7;
- улицы, площади, парки, пешеходные и транспортные тоннели – 1,5.

Таблица 1.1

Пример определения уровней освещенности, показателя ослепленности и коэффициента пульсации

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение				
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации	
						при системе комбинированного освещения	при системе общего освещения			
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000	500	—	20	10
				4500	500	—	10	10		
			б	Малый	Средний	4000	400	1250	20	10
				Средний	Темный	3500	400	1000	10	10
			в	Малый	Светлый	2500	300	750	20	10
				Средний	Средний					
			г	Средний	Светлый	1500	200	400	20	10
				Большой	Светлый					
			Большой	Средний	1250	200	300	10	10	

1.3. Рекомендации по выбору источников света

Источники света (ИС) подразделяются на следующие виды:

- тепловые – лампы накаливания общего назначения (ЛОН), вакуумные, газонаполненные, одно- и биспиральные, галогенные лампы (КГ);
- разрядные ИС низкого давления – трубчатые люминесцентные лампы (ЛЛ), компактные люминесцентные энергосберегающие (КЛЭ);
- разрядные ИС высокого давления – дуговые ртутные лампы (ДРЛ), металлогалогенные лампы (ДРИ), натриевые (ДНаТ);
- индукционные лампы;
- светодиодные источники света и др.

Классификация основных источников света представлена на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Источники света

При выборе источников света учитываются следующие основные факторы:

- электрические характеристики (напряжение, мощность, род тока);
- светотехнические параметры (световой поток, сила света, цветопередача, цветовая температура, спектральный состав излучения);
- конструктивные параметры (форма и размеры колбы или длина трубчатых ламп);
- средняя продолжительность работы;

- стабильность светового потока;
- экономичность (стоимость, световая отдача).

Необходимо предпочтение отдавать разрядным источникам света как наиболее экономичным, имеющим световую отдачу более 50 лм/Вт, и в связи с этим обеспечивающим минимальное потребление электроэнергии.

Применение ламп накаливания допускается в отдельных случаях, когда по условиям технологии, среды или требований оформления интерьера использование разрядных источников света невозможно или нецелесообразно.

Лампы накаливания ввиду их низкой световой отдачи можно использовать в следующих случаях:

- а) в помещениях с нормируемой освещенностью 50 лк и ниже, т. е. когда с помощью газоразрядных источников света невозможно обеспечить зрительный комфорт;
- б) в помещениях с тяжелыми условиями среды и взрывоопасных, при отсутствии необходимых светильников с газоразрядными лампами;
- в) в помещениях, где недопустимы радиопомехи;
- г) для аварийного и эвакуационного освещения, когда рабочее освещение выполнено разрядными лампами высокого давления (ДРЛ, ДРИ, ДНаТ).

Люминесцентные лампы низкого давления типа Т8, Т5 рекомендуется применять в общественных и производственных помещениях, где работа связана с большим и длительным напряжением зрения; требуется распознавание цветовых оттенков; люминесцентное освещение целесообразно по архитектурно-художественным соображениям.

Широкое распространение получили компактные люминесцентные энергосберегающие лампы мощностью 7, 9, 11, 13, 15, 20, 23 с резьбовым цоколем Е14, Е27 и 40, 80, 105 Вт с цоколем Е40, позволяющие производить замену ламп накаливания без переделки светильников.

Разрядные лампы высокого давления (ДРЛ, ДРИ, ДНаТ) применяются в производственных помещениях с высокими перекрытиями ($H \geq 6$ м). Причем при наличии требований к цветопередаче применяются лампы ДРИ.

Разрядные стандартные лампы высокого давления типа ДНаТ из-за низкой цветопередачи $R_a = 20$ используются для освещения помещений с невысоким уровнем освещенности (складских помещений,

открытых пространств, заводских территорий, улиц, площадей). Здесь учитываются положительные свойства ламп нормально работать в широком диапазоне температур – $\pm 40^{\circ}\text{C}$.

Индукционные лампы применяются для освещения производственных и общественных зданий, имеющие ряд достоинств по сравнению с разрядными лампами. Индукционные лампы в своей конструкции не имеют спиралей, электродов и потому срок службы увеличивается до 100 тыс. ч. Герметичность колбы, отсутствие электродов и спиралей позволяют использовать индукционные лампы в помещениях с различной средой и наружных установках.

Светодиодные источники света постоянно улучшаются, увеличивается световая отдача, снижается слепящее действие, что делает их конкурентными с люминесцентными и разрядными источниками света.

Для эвакуационного освещения и безопасности применяются: лампы накаливания; люминесцентные; светодиодные ввиду их быстрого зажигания.

Технические данные ламп приведены в приложении 1 (табл. П.1.1–П.1.9).

1.4. Критерии выбора типа светильников

Светильники являются осветительными приборами ближнего действия и предназначены для рационального перераспределения светового потока ламп, а также защиты глаз от чрезмерной яркости, предохраняют источники света от загрязнения и механических повреждений. Конструктивно они состоят из корпуса-отражателя и (или) рассеивателя, патрона и крепящего устройства.

Каждый из светильников характеризуется одной из семи типовых кривых силы света: концентрированной (К), глубокой (Г), косинусной (Д), полуширокой (Л), широкой (Ш), равномерной (М) и синусной (С). Типовые кривые приведены на рис. 1.2.

Кривые светораспределения являются важнейшими светотехническими характеристиками светильника, определяющими распределение его светового потока в пространстве, окружающем светильник.

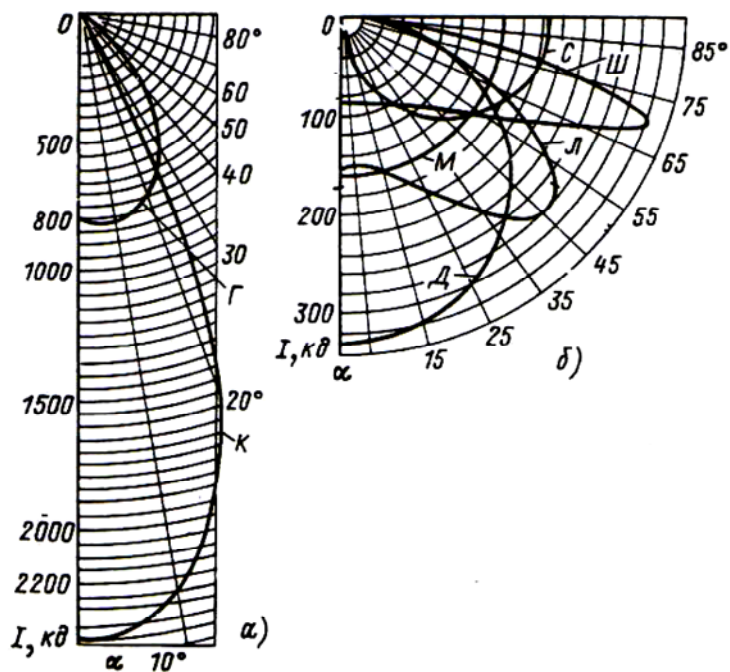


Рис. 1.2. Типовые кривые силы света светильников

Основными характеристиками светильников являются:

– **коэффициент усиления** (K_y), представляющий отношение максимальной силы света светильника (I_{\max}) к средней сферической силе света ($I_{\text{ср.сф}}$):

$$K_y = \frac{I_{\max}}{I_{\text{ср.сф}}}, \quad (1.1)$$

где $I_{\text{ср.сф}} = \frac{\Phi_{\text{л}}}{4\pi}$.

Коэффициент усиления характеризует увеличение силы света светильника в заданном направлении;

– **коэффициент полезного действия** (η):

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{св}}}{\Phi_{\text{л}}}, \quad (1.2)$$

где $\Phi_{\text{св}}$ – световой поток светильника; $\Phi_{\text{л}}$ – световой поток источника света;

– **защитный угол** (γ) – определяет степень защиты глаза от воздействия ярких частей источника света.

Структура обозначения и маркировка светильников следующая:

1 2 3 4 5 – 6 × 7 – 8 9 10 – 11 12

1 – тип источника света (одна буква на первом месте в шифре): Н – лампа накаливания; И – галогенные; Л – люминесцентные лампы; Р – ДРЛ; Г – металлогалогенные; Ж – натриевые; Ф – флуоресцентные; Б – бактерицидные; К – ксеноновые; Д – светодиодные.

2 – основной способ установки светильника: С – подвесные; П – потолочные; Б – настенные; Н – настольные; Т – напольные; В – встраиваемые; К – консольные; Р – ручные.

3 – основное назначение светильника: П – для промышленных предприятий; Р – для рудников и шахт; О – для общественных зданий; Б – для жилых (бытовых) помещений; У – для наружного освещения; Т – для телевизионных студий.

4, 5 – номер серии, к которой принадлежит светильник (две цифры).

6 × 7 – количество ламп в светильнике × мощность ламп, Вт.

8, 9, 10 – номер модификации светильника (трехзначное число).

11 – обозначение климатического исполнения (ХЛ – холодный климат, У – умеренный климат, УХЛ – умеренный, холодный климат, Т – тропический).

12 – категории размещения. Установлено пять категорий размещения: 1 – для установки на открытом воздухе; 2 – для установки в помещениях, где колебание температуры и влажности воздуха не существенно отличается от колебаний на открытом воздухе; 3 – для установки в закрытых помещениях с естественной вентиляцией, где колебания температуры и влажности воздуха, а также воздействия песка и пыли значительно меньше, чем на открытом воздухе; 4 – для помещений с искусственно регулируемыми климатическими условиями; 5 – для помещений с повышенной влажностью, например, не отапливаемые и не вентилируемые помещения под землей.

Пример 1.1. Светильник имеет маркировку типа НСП05×100-016-У3, где Н – светильник с лампой накаливания; С – подвесной; П – для промышленных предприятий; 05 – серия; 100 – мощность 100 Вт; 016 – модификация; У – для умеренного климата; 3 – категория размещения (для установки в закрытых помещениях с естественной вентиляцией, где колебания температуры и влажности воздуха, а также воздействия песка и пыли значительно меньше, чем на открытом воздухе).

Пример 1.2. Светильник имеет маркировку ЛПП02-2×58-005-У3, где Л – светильник с люминесцентными лампами; П – потолочный; П – для производственных помещений; 02 – серия; 2×58 – с двумя лампами мощностью по 58 Вт, 005 – модификация, У – для умеренного климата; 3 – для установки в закрытых помещениях с естественной вентиляцией, где колебания температуры и влажности воздуха, а также воздействия песка и пыли значительно меньше, чем на открытом воздухе.

Пример 1.3. Светильник имеет маркировку РКУ08×400-014-ХЛ1.

Светильник с ртутной лампой типа ДРЛ мощностью 400 Вт, консольный, уличный, серии 08, модификации 014, ХЛ – для холодного климата, категория размещения 1 – для установки на открытом воздухе.

Пример 1.4. Светильник имеет маркировку ФСП012х57-У3.

Светильник с флуоресцентными (люминесцентными) двумя лампами мощностью по 57 Вт, подвесной для производственных зданий, серии 01, У – для умеренного климата, категория размещения 3.

Основные критерии выбора светильников:

- По конструктивному исполнению: открытые – лампа не отделена от внешней среды; защищенные – лампа защищена от механических повреждений; закрытые – защищены от проникновения пыли и механических повреждений лампы; пыленепроницаемые – защищены от проникновения тонкой пыли; влагозащищенные – противостоят воздействию влаги, взрывозащищенные – противостоят появлению взрыва.

- По степени защиты светильника от проникновения внутрь твердых тел и воды. Конструкция светильников должна предусматривать защиту от проникновения внутрь твердых тел и воды в соответствии с международной системой обозначения степени защиты оболочки светильника, состоящей из букв *IP00* (*International Protection*) и двух цифр, обозначающих степень защиты:

- первая цифра определяет защиту лампы от пыли. Установлено шесть классов защиты светильников от пыли;

- вторая цифра определяет защиту от попадания внутрь оболочки светильника воды – восемь классов.

Пример 1.5. Степень защиты *IP20* – открытое исполнение; *IP44* – защищенное исполнение; *IP54* – пылеводозащищенное исполнение; *IP65* – пылеводонепроницаемое исполнение.

- По светораспределению, т. е. распределению светового потока в пространстве (в производственных помещениях с низкими коэффи-

циентами отражения стен, потолков целесообразно применение светильников прямого света класса П со светораспределением типа К (концентрированная) при высоких потолках (более 6–8 м), с меньшей высотой потолков – со светораспределением типа Д (косинусная), реже Г (глубокая). С увеличением высоты помещения применяемый светильник должен иметь большую степень концентрации светового потока (К, Г) и наоборот в низких помещениях рекомендуется использовать светильники с более широким светораспределением (Д, Г). При высоких отражающих свойствах стен и потолков производственных помещений (светлые потолки и стены) целесообразно применение светильников преимущественно прямого света класса Н. Светильники преимущественно прямого света класса П и рассеянного света класса Р с кривыми светораспределения Д (косинусная) и Л (полуширокая) целесообразно применять для освещения административных, учебных помещений, лабораторий. Светильники классов В (преимущественно отраженного света) и О (отраженного света) применяют для создания архитектурного освещения производственных помещений, гражданских зданий. Для наружного освещения – светильники с кривой силы света Ш (широкая). При высоких отражающих свойствах пола или рабочих поверхностей преимущество получают светильники класса П, поскольку в этом случае за счет отражения в верхнюю полусферу попадает достаточно светового потока для создания приемлемого зрительного комфорта).

- По ослепленности – учет при выборе светильников слепящего их действия осуществляется по показателю ослепленности, который нормируется и сравнивается с фактическим показателем ослепленности.

- По экономичности – выбор светильников по критерию экономичности выполняется по минимуму приведенных затрат. Учитывая что основной составляющей годовых эксплуатационных расходов являются затраты на электроэнергию, можно с некоторым приближением оценивать экономичность светильника по критерию энергетической экономичности ($\mathcal{E}_э$).

Под энергетической экономичностью понимается отношение нормируемой (минимальной) освещенности (E_{\min}) к удельной мощности $P_{\text{уд}}$, равной отношению установленной мощности ламп к площади освещаемого помещения:

$$\mathcal{E}_э = \frac{E_{\min}}{P_{\text{уд}}}. \quad (1.3)$$

Энергетическая экономичность является функцией комбинированного аргумента E_{\min} , K_3 , H_p^2 , где E_{\min} – освещенность по нормам; K_3 – коэффициент запаса; H_p – расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью.

Номенклатура и основные параметры некоторых светильников приведены в табл. П.1.10 [6].

1.5. Способы размещения светильников по высоте и на плане помещений

При системе общего освещения светильники можно размещать над освещаемой поверхностью либо равномерно, либо локализованно. При равномерном освещении светильники располагают правильными симметричными рядами, создавая при этом относительно равномерную освещенность по всей площади, а при локализованном – индивидуально для каждого рабочего места или участка производственного помещения, создавая при этом требуемые освещенности только на рабочих местах.

Минимальная высота подвеса светильников ограничивается условием ослепляющего их действия (нормируемый показатель ослепленности).

Максимальная высота ограничивается размерами помещения и условиями обслуживания светильников.

При выборе высоты подвеса учитываются строительные особенности помещений – наличие ферм, технологических мостиков, размеры строительного модуля; одновременно рассматриваются способы прокладки и монтажа проводов и кабелей осветительной сети.

В помещениях ограниченной высоты светильники устанавливаются либо на свесах, либо непосредственно на потолке и обслуживаются с лестниц или стремянок. По условию доступности высота подвеса светильников не должна превышать 5 м от пола, причем светильники не должны располагаться над крупным оборудованием, приемками и в других местах, где невозможна установка лестниц или стремянок.

На рис. 1.3 показано размещение светильников общего освещения по высоте помещения. Минимальная высота подвеса светильников над освещаемой поверхностью определяется условиями ограничения ослепленности. Большинство помещений общественных зданий имеет высоту около 3 м, поэтому высота подвеса ограничивается высотой помещения.

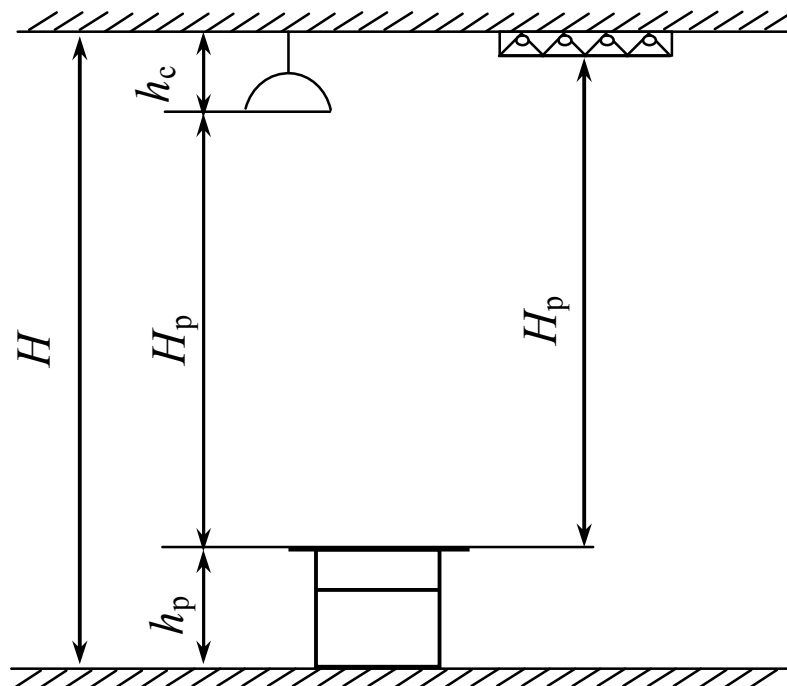


Рис. 1.3. Размещение светильников по высоте помещения

В общем случае расчетная высота подвеса светильников H_p определяется по выражению

$$H_p = H - h_c - h_p, \quad (1.4)$$

где H – высота помещения; h_c – высота свеса светильника; h_p – высота рабочей поверхности, при отсутствии конкретной величины принимается равной 0,8 м.

Задача 1.1. Определить расчетную высоту H_p для производственного помещения.

Высота помещения до ферм перекрытия производственного цеха составляет 8,6 м, высота свеса светильника 0,6 м, нормированный уровень освещенности 300 лк, Γ – пол.

Решение: $H_p = 8,6 - 0,6 = 8,0$ м.

Задача 1.2. Определить расчетную высоту H_p для административного помещения.

Высота помещения от потолка до пола составляет 3,0 м, светильник закреплен непосредственно к перекрытию над рабочей поверхностью, освещенность 300 лк, кривая силы света (КСС) – Γ -0,8.

Решение: $H_p = 3 - 0,8 = 2,2$ м.

Расположение светильников на плане помещения при общем равномерном освещении производится по углам прямоугольника или в шахматном порядке (рис. 1.4) – этим достигается наиболее равномерное распределение освещенности по всей площади помещения.

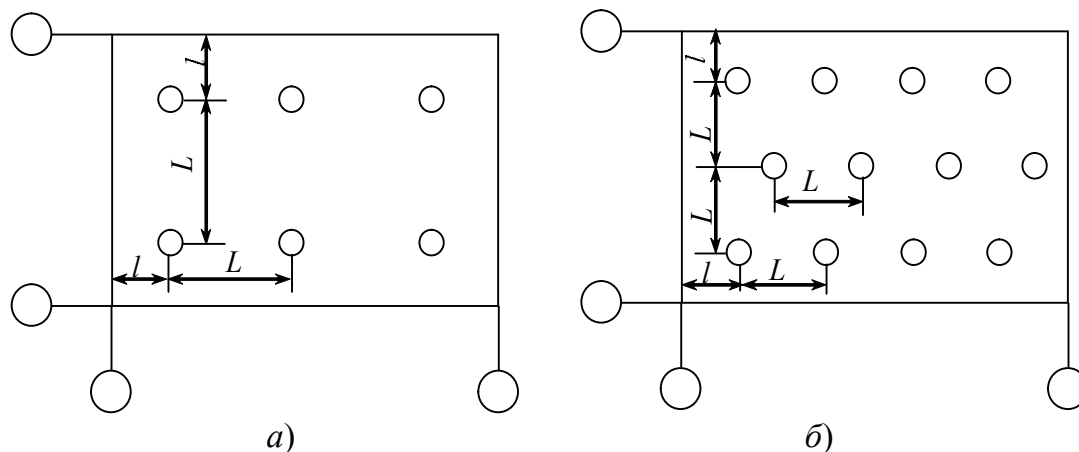


Рис. 1.4. Размещение светильников на плане помещения:
а – по углам прямоугольника; б – в шахматном порядке

Выбор расстояния между светильниками зависит от типа светильника, высоты его подвеса над рабочей поверхностью, а иногда способ расположения светильников зависит от архитектурных или строительных условий.

При расположении светильников на плане помещения необходимо выбрать такое оптимальное расстояние между светильниками, которое обеспечило бы наименьшую установленную мощность осветительной установки и достаточную для практических условий равномерность освещения.

Ряды светильников с люминесцентными лампами следует располагать параллельно длинной стороне помещения со световыми проемами. Если проемы расположены на короткой стороне, то ряды светильников можно располагать и вдоль, и поперек помещения.

Для равномерного распределения светильников в помещении можно пользоваться следующей рекомендацией:

- наметить в помещении количество рядов;
- распределить ряды на плане помещения таким образом, чтобы расстояние между рядами было одинаковым (L);
- расстояние от крайних рядов светильников до стен (l) рекомендуется принимать

$$l = (0,3 - 0,5)L. \quad (1.5)$$

Задача 1.3. Распределить равномерно 8 светильников на плане помещения, имеющего размеры: длина – 12 м, ширина – 6 м.

Решение: намечаем два ряда по длине помещения таким образом, чтобы расстояние между рядами и между светильниками в ряду было $L = 3$ м, тогда расстояние от ряда до стены определим по выражению (1.5):

$$l = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ м.}$$

Таким образом, при таком расположении светильников будет достигнута равномерность освещенности в помещении.

Глава 2. СВЕТОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока

Освещение помещений, в которых предусматривается общее равномерное освещение горизонтальных поверхностей, рассчитывают методом коэффициента использования светового потока.

По этому методу расчетную освещенность на горизонтальной поверхности определяют с учетом светового потока, падающего от светильников непосредственно на расчетную поверхность и отраженного от стен, потолка и самой поверхности.

Метод коэффициента использования применим для расчета освещения помещений светильниками с различными источниками света.

При расчете по методу коэффициента использования световой поток ламп, необходимый для создания нормируемой минимальной освещенности, определяется по формуле

$$\Phi = \frac{EK_3Sz}{\eta}. \quad (2.1)$$

При определении потребного светового потока ламп в каждом светильнике формула имеет вид

$$\Phi = \frac{EK_3Sz}{n\eta}. \quad (2.2)$$

При известной мощности и световом потоке ламп для определения количества решается обратная задача. Определяется количество ламп, предварительно выбранных по мощности и световому потоку:

$$n = \frac{EK_3Sz}{\Phi\eta}, \quad (2.3)$$

где E – заданная минимальная нормируемая освещенность, лк; K_3 – коэффициент запаса (принимается 1,4–1,8 в зависимости от условий окружающей среды в помещении); S – площадь помещения, м²; z – отношение $E_{\text{ср}}/E_{\text{min}}$ (неравномерность освещения принимается 1,15 – для точечных источников света); 1,1 – для линейных источников света; n – количество светильников (ламп в светильнике); η – коэффициент использования, о. е. (для некоторых типов светильников можно определить по табл. 2.1–2.3 или [6]).

Таблица 2.1

**Коэффициенты использования светового потока для светильников
с люминесцентными лампами ЛПО30 4 × 18**

Тип светильника	Светильник с люминесцентными лампами ЛПО30 4x18					
ρ_n , %	80	70	70	50	50	50
ρ_c , %	50	50	30	50	30	30
ρ_p , %	30	30	30	30	30	10
i	Коэффициенты использования, о. е.					
0,6	0,37	0,36	0,31	0,35	0,3	0,29
0,8	0,45	0,44	0,38	0,42	0,37	0,36
1,0	0,51	0,50	0,44	0,48	0,43	0,42
1,25	0,57	0,56	0,50	0,54	0,49	0,47
1,5	0,61	0,60	0,55	0,58	0,53	0,51
2,0	0,68	0,66	0,61	0,63	0,59	0,56
2,5	0,72	0,70	0,66	0,66	0,63	0,59
3,0	0,75	0,73	0,69	0,69	0,66	0,61
4,0	0,78	0,76	0,73	0,71	0,69	0,64
5,0	0,8	0,78	0,75	0,73	0,71	0,65

Таблица 2.2

**Коэффициенты использования светового потока для светильников
с люминесцентными лампами ЛПО30 2 × 36**

Тип светильника	Светильник с люминесцентными лампами ЛПО30 2x36					
ρ_n , %	80	70	70	50	50	50
ρ_c , %	50	50	30	50	30	30
ρ_p , %	30	30	30	30	30	10
i	Коэффициенты использования, о. е.					
0,6	0,37	0,37	0,31	0,36	0,31	0,30
0,8	0,45	0,44	0,39	0,43	0,38	0,37
1,0	0,51	0,50	0,45	0,49	0,44	0,42
1,25	0,57	0,56	0,51	0,54	0,48	0, 47
1,5	0,61	0,60	0,55	0,58	0,53	0,41
2,0	0,68	0,66	0,61	0,63	0,59	0,57
2,5	0,71	0,70	0,66	0,66	0, 63	0,59
3,0	0,74	0,72	0,69	0,68	0,66	0,61
4,0	0,78	0,75	0,72	0,71	0,69	0,64
5,0	0,80	0,77	0,75	0,73	0,71	0,65

Таблица 2.3

**Коэффициенты использования светового потока для светильников
с лампами накаливания НСП**

Тип светильника	Светильник с лампой накаливания НСП				
$\rho_{\text{п}}, \%$	70	70	50	50	0
$\rho_{\text{с}}, \%$	50	50	30	10	0
$\rho_{\text{р}}, \%$	30	10	10	10	0
i	Коэффициенты использования, о. е.				
0,6	0,36	0,34	0,28	0,25	0,24
0,8	0,44	0,42	0,36	0,33	0,31
1,0	0,50	0,47	0,42	0,39	0,38
1,25	0,57	0,52	0,47	0,44	0,43
1,5	0,61	0,57	0,51	0,47	0,46
2,0	0,68	0,62	0,58	0,54	0,52
2,5	0,73	0,65	0,61	0,58	0,57
3,0	0,77	0,67	0,64	0,61	0,59
4,0	0,81	0,70	0,67	0,64	0,62
5,0	0,82	0,72	0,69	0,66	0,64

Коэффициент использования определяется в зависимости от значений индекса помещения i и коэффициентов отражения потолка, стен, рабочей поверхности – $\rho_{\text{п}}, \rho_{\text{с}}, \rho_{\text{р}}$.

Индекс помещения можно вычислить по выражению

$$i = \frac{AB}{h(A+B)}, \quad (2.4)$$

где A и B – длина и ширина помещения, м; h – расчетная высота подвеса светильников над освещаемой поверхностью, м.

Приблизительные значения коэффициентов отражения можно определить по следующим рекомендациям:

- побеленный потолок и стены – 80–70 %;
- побеленный потолок, стены окрашены в светлые тона – 50 %;
- бетонный потолок, стены оклеены светлыми обоями, бетонные стены – 30 %;
- стены и потолки в помещениях оштукатуренные, темные обои – 10 %.

Для выбранного типа светильников и известного светового потока ламп количество светильников в ряду определяется как

$$n_{\text{св}} = \Phi / \Phi_{\text{л}}, \quad (2.5)$$

где $\Phi_{\text{л}}$ – световой поток лампы, лм.

Задача 2.1. Выполнить расчет электрического освещения производственного помещения методом коэффициента использования светового потока. Разместить светильники на плане помещения.

Помещение имеет размеры: длина $A = 12$ м, ширина $B = 6$ м, высота $h = 3,6$ м. Нормируемая освещенность $E = 100$ лк, коэффициент запаса $K_z = 1,4$. Коэффициенты отражения: потолка, стен, расчетной поверхности соответственно $\rho_{\text{п}} = 50\%$; $\rho_{\text{с}} = 30\%$; $\rho_{\text{р}} = 10\%$. Светильники с лампами накаливания типа НСП.

Решение: определим индекс помещения:

$$i = 12 \cdot 6 / 3,6(12 + 6) = 1,1.$$

По табл. 2.3 определим коэффициент использования по заданным коэффициентам отражения потолка, стен, расчетной поверхности и индексу помещения для светильника с лампами накаливания типа НСП $\eta = 0,44\%$.

Определим световой поток:

$$\Phi = 100 \cdot 1,4 \cdot 72 \cdot 1,15 / 0,44 = 26345,5 \text{ лм.}$$

Светильник с лампами БК 100 Вт создает световой поток, равный 1500 лм.

Определим количество ламп:

$$n = 26345,5 / 1500 = 17,56 \text{ шт.}$$

Округляем полученное количество светильников до 18 и распределяем равномерно на плане помещения (рис. 2.1).

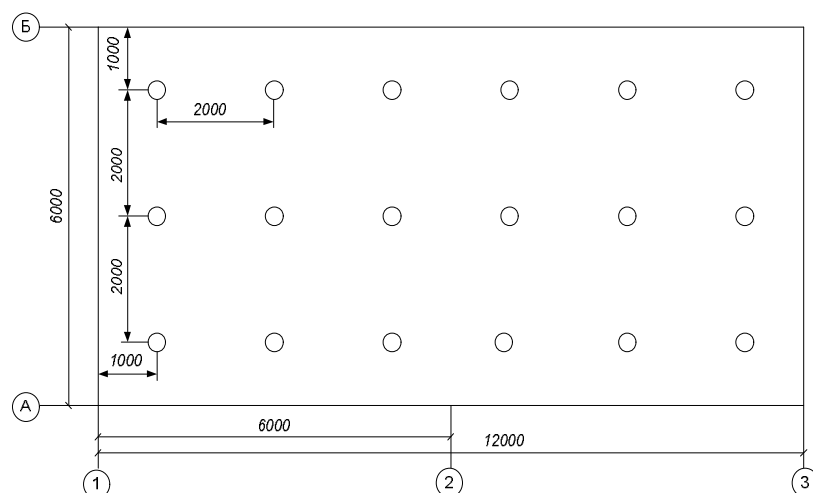


Рис. 2.1. Размещение светильников на плане помещения

Задача 2.2. Выполнить расчет электрического освещения административного помещения. Размеры помещения: длина $A = 6$ м; ширина $B = 6$ м; высота $H = 2,9$ м. Норма освещенности $E = 300$ лк, коэффициент запаса $K_z = 1,3$. Коэффициенты отражения: потолка, стен, расчетной поверхности соответственно $\rho_{\text{п}} = 70$ %; $\rho_{\text{с}} = 50$ %; $\rho_{\text{р}} = 30$ %. Светильники с люминесцентными лампами серии ЛПО 4×18 Вт, кривая силы света Л (полуширокая).

Решение: определим индекс помещения:

$$i = 6 \cdot 6 / 2,9(6 + 6) = 36 / 34,8 = 1,03.$$

По [6, табл. 8.1, а] определим коэффициент использования по заданным коэффициентам отражения потолка, стен, расчетной поверхности и индексу помещения для светильника серии ЛПО 4×18 с трубчатыми люминесцентными лампами 18 Вт – $\eta = 0,54$.

Определим световой поток всех ламп

$$\Phi = \frac{EK_z Sz}{n_{\text{л}} \eta};$$

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 36 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,54} = 15444 \text{ лм.}$$

Определим количество светильников:

$$n_{\text{св}} = \Phi / \Phi_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}};$$

$$n_{\text{св}} = 15444 / 1250 \cdot 4 = 3.$$

Принимаем три светильника серии ЛПО с лампами 4×18 Вт.

2.2. Расчет освещения методом удельной мощности

Метод удельной мощности широко применяют в проектной практике, он позволяет без выполнения светотехнических расчетов определять мощность всех ламп общего равномерного освещения, требуемого по нормам в данном помещении.

В основу расчета по удельной мощности положен метод коэффициента использования светового потока.

Удельной мощностью $P_{\text{уд}}$ называется отношение суммарной мощности всех ламп, установленных в данном помещении, к площади

освещаемой поверхности (пола), Вт/м² :

$$P_{\text{уд}} = nP_{\text{л}}/S. \quad (2.6)$$

Метод расчета заключается в определении удельной мощности в Вт на 1 м² по таблицам справочной литературы. Зная удельную мощность на один квадратный метр, можно определить $P_{\text{уд}}$ и для всего помещения.

Установленная мощность всех ламп определяется как произведение удельной мощности на площадь всего помещения:

$$P_{\text{уст}} = P_{\text{уд}}S. \quad (2.7)$$

После того как определена мощность всех ламп, можно определить мощность одной лампы, намечая предварительно количество ламп, или определить количество ламп, намечая конкретную стандартную мощность ламп:

$$P_{\text{л}} = P_{\text{расч}}/n; \quad (2.8)$$

$$n = P_{\text{расч}}/P_{\text{л}}. \quad (2.9)$$

Задача 2.3. Выполнить расчет освещения по удельной мощности. Определить мощность и количество ламп в складском помещении, а также суммарную мощность осветительной установки. Нормируемая освещенность $E = 50$ лк; коэффициенты отражения потолка $\rho_{\text{п}} = 50$ %; стен $\rho_{\text{с}} = 30$ %; расчетной поверхности $\rho_{\text{р}} = 10$ %; светильники с лампами накаливания типа НСП17; размеры помещения $A = 24$ м, $B = 12$ м, $H = 6$ м.

Решение: вычислим площадь помещения:

$$S = AB;$$

$$S = 24 \cdot 12 = 288 \text{ м}^2.$$

По [6, табл. 8.3], [9, П.12] при расчетной высоте подвеса светильников $H_{\text{р}} 5,5$ м и площади 288 м^2 , а также нормируемой освещенности 50 лк определим удельную мощность, Вт/м², для светильника НСП17 $P_{\text{уд}} = 8,8 \text{ Вт/м}^2$:

$$P_{\text{уст}} = 8,8 \cdot 288 = 2534,4 \text{ Вт};$$

$$n = 2534,4/200 \approx 12 \text{ ламп.}$$

Задача 2.4. Определить количество ламп накаливания для освещения электропомещения (ТП) с минимальной освещенностью 50 лк. Размеры помещения $A = 6$ м, $B = 6$ м, $P = 3,0$ м; коэффициенты отражения потолка $\rho_{\text{п}} = 50$ %, стен $\rho_{\text{с}} = 30$ %, расчетной поверхности $\rho_{\text{р}} = 10$ %; светильники с компактными люминесцентными лампами мощностью 13 Вт.

Решение: вычислим площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2.$$

По [6, табл. 8.3] и [9, П.12], при расчетной высоте $H_{\text{р}} 3$ м и площади 36 м^2 , а также нормируемой освещенности 50 лк определим удельную мощность, Вт/м², для светильника с КЛЭ лампой

$$P_{\text{уд}} = 3,6 \text{ Вт/м}^2.$$

Определим установленную мощность всех ламп в помещении:

$$P_{\text{уст}} = 3,6 \cdot 36 = 129,6 \text{ Вт},$$

тогда

$$n = 129,6 / 13 = 9,9 \text{ ламп.}$$

Удельную мощность при выполнении курсовой работы можно определить по табл. 2.4 для светильников с лампами накаливания, компактными люминесцентными и светодиодными лампами при нормируемом уровне освещенности 50 лк.

Таблица 2.4

Удельная мощность общего равномерного освещения при коэффициенте отражения $\rho_{\text{п}} = 50$ %; $\rho_{\text{с}} = 30$ %; $\rho_{\text{р}} = 10$ %; $k_{\text{р}} = 1,3$; $z = 1,15$

$H_{\text{р}}, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	Удельная мощность, Вт/м ² , при освещенности 50 лк		
		Светильник		
		с лампой накаливания	с компактной люминесцентной лампой	со светодиодной лампой
2–3	10–15	21,7	4,7	2,5
	15–25	19,2	4,2	2,2
	25–50	16,6	3,6	1,9
	50–75	13,0	2,9	1,6

2.3. Расчет освещения точечным методом с использованием пространственных изолюкс

Точечный метод расчета освещения является обязательным для расчета освещенности негоризонтальных поверхностей, общего локализованного, эвакуационного, местного и наружного освещения. Он позволяет рассчитывать световой поток источника света, светильника, ряда светильников.

Точечный метод в отличие от метода коэффициента использования позволяет определить освещенность любой точки на рабочей поверхности, как угодно расположенной в пространстве, например, горизонтально, вертикально или наклонно. Расчет освещения точечным методом выполняют тогда, когда невозможно применить метод коэффициента использования, например расчеты локализованного освещения, освещения наклонных или вертикальных поверхностей. Точечный метод также часто применяют в качестве проверочного расчета, когда необходимо оценить фактическое распределение освещенности на освещаемой поверхности.

Пространственные изолюксы или кривые значений освещенности составлены для стандартных светильников с условной лампой 1000 лм в прямоугольной системе координат [5] в зависимости от высоты подвеса светильника H_p и расстояния в проекции светильника d на горизонтальную поверхность до контрольной (характерной) точки.

Порядок расчета данным методом следующий:

1. На плане помещения с известным расположением светильников намечается одна или две контрольные точки, в которых ожидается наименьшая освещенность, например, точка А (рис. 2.2).

2. Определяются расстояния от контрольной точки до ближайших светильников, т. е. расстояния d_1, d_2, \dots, d_6 .

3. В зависимости от типа светильников по кривым пространственных изолюкс [5] для каждого значения H_p и d находятся условные освещенности в люксах, т. е. соответственно e_1, e_2, \dots, e_6 . Значения e в большинстве случаев определяются путем интерполирования между значениями, указанными у ближайших изолюкс.

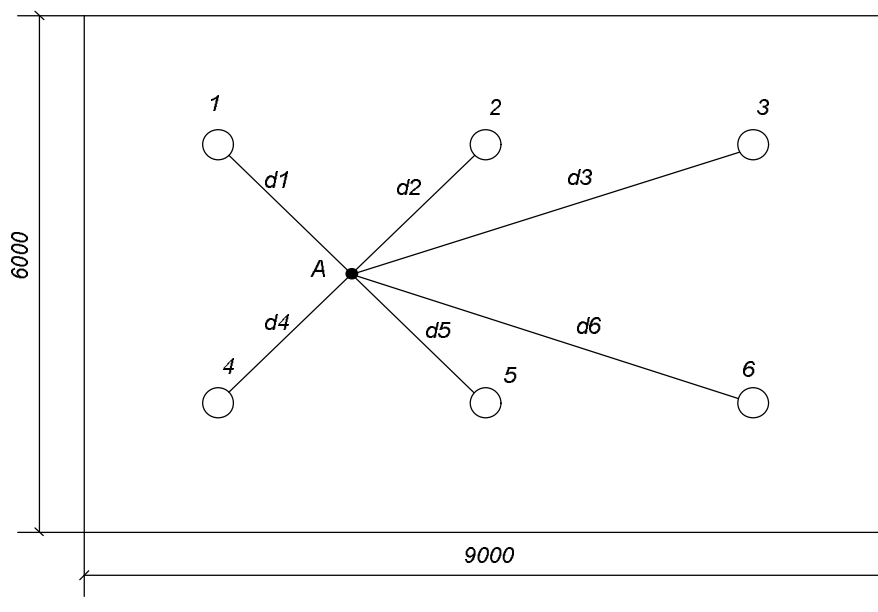


Рис. 2.2. Размещение контрольной точки

Если заданные H_p и d выходят за пределы шкал, на графиках в ряде случаев возможно обе эти координаты увеличить (уменьшить) в n раз так, чтобы точка оказалась в пределах графика, и определенное по графику значение e увеличить (уменьшить) в n^2 раз. При отсутствии изолюкс для данного светильника можно воспользоваться графиком для излучателя, имеющего по всем направлениям силу света 100 кд (рис. 2.3).

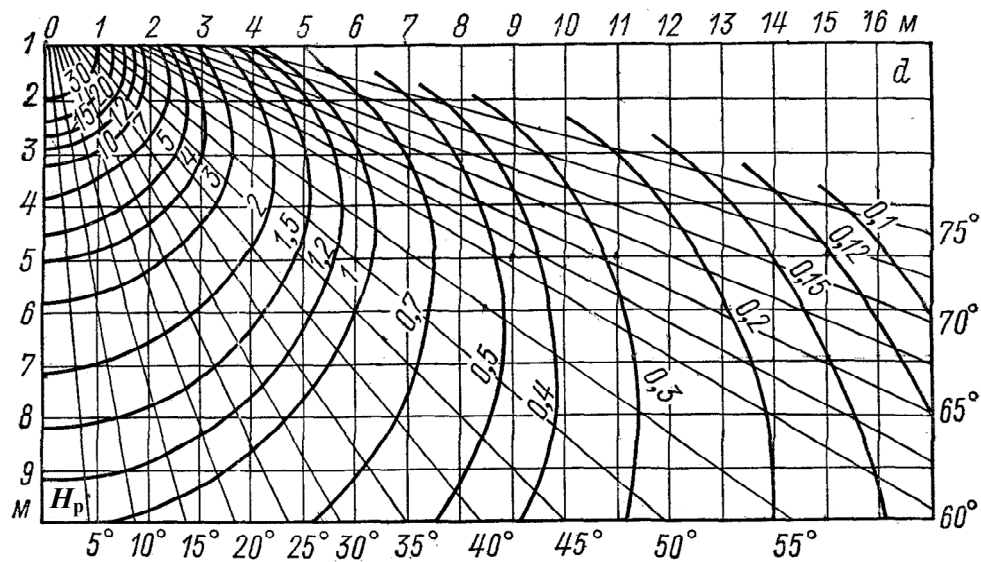


Рис. 2.3. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности. Сила света светильника по всем направлениям 100 кд

4. Находится общая условная освещенность контрольной точки:

$$\sum e = e_1 + e_2 + \dots + e_6. \quad (2.10)$$

5. Определяется потребный световой поток лампы в одном светильнике по формуле

$$\Phi = \frac{1000 E_{\min} K_3}{\mu \sum e}, \quad (2.11)$$

где E_{\min} – нормируемая освещенность, лк; K_3 – коэффициент запаса; μ – коэффициент, учитывающий освещенность от удаленных источников света, принимается 1,1–1,2.

6. По полученному расчетному световому потоку выбирают мощность стандартной лампы.

Если требуется определить фактическую освещенность в контрольной точке при известной мощности ламп и расположении светильников, действительная расчетная освещенность определяется по формуле

$$E_A = \Phi_{\text{л}} \mu \sum e / 1000 K_3. \quad (2.12)$$

Задача 2.5. Определить фактическую освещенность в контрольной точке А в помещении, план которого приведен на рис. 2.4. Светотехнический расчет для этого помещения выполнен методом коэффициента использования светового потока при нормируемой освещенности 200 лк. Для освещения применены светильники типа «Сатурн» с индукционными лампами мощностью 200 Вт и световым потоком 2950 лм.

Решение: определим расстояние (в метрах) d проекции каждого светильника до точки А. По кривым равной освещенности (изолюксам) для светильника типа «Сатурн» определяем значения условных освещенностей [5] и заносим в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Значения условных освещенностей

Номер светильника	Расстояние от проекции d , м	Условная освещенность, лк
1	2,1	15
2	2,1	15
3	4,7	2
4	2,1	15

Номер светильника	Расстояние от проекции d , м	Условная освещенность, лк
5	2,1	15
6	4,7	2

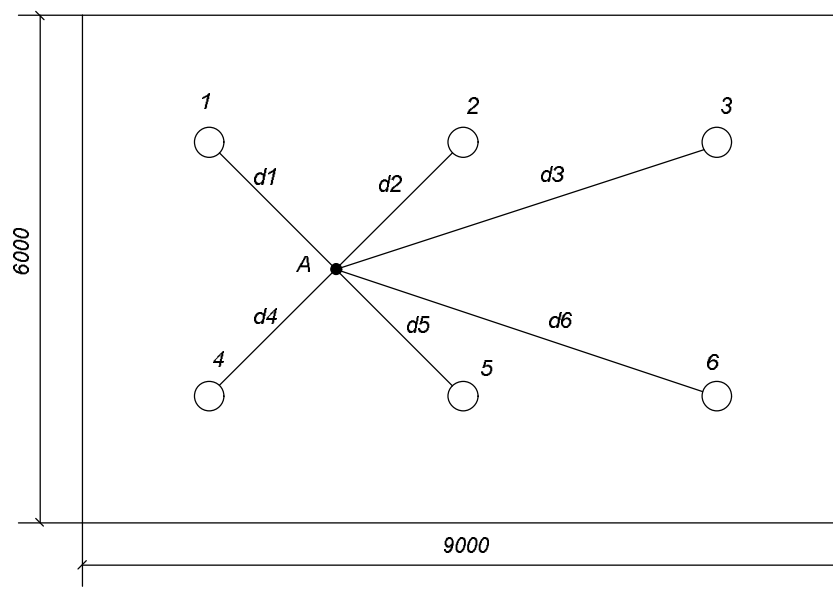


Рис. 2.4. Размещение контрольной точки

Сумма условных освещенностей от светильников 1–6 для расчетной точки А составит:

$$\sum e = 15 + 15 + 2 + 15 + 15 + 2 = 64 \text{ лк.}$$

Определяем действительную расчетную освещенность в точке А по формуле (2.12): принимаем $\mu = 1,1$; коэффициент запаса $K_z = 1,3$:

$$E_A = 2950 \cdot 1,1 \cdot 64 / 1000 \cdot 1,3 = 159 \text{ лк,}$$

т. е. расчетная освещенность намного меньше нормируемой освещенности 200 лк, следовательно, следует увеличить количество светильников или мощность ламп, чтобы расчетная освещенность в помещении соответствовала нормируемому.

2.4. Расчет освещения точечным методом с использованием линейных изолюкс

Этот метод применяется для расчета освещения от светящихся линий. Светящей линией является непрерывный ряд светильников с

люминесцентными лампами или ряд с разрывами между светильниками (λ) при условии, если $\lambda < 0,5H_p$, или отдельный излучатель (светильник), если его длина превышает $0,5H_p$.

Для расчета освещения от светящих линий применяются линейные изолюксы светильников, составленные при плотности светового потока $\Phi'_л = 1000$ лм/м и расчетной высоте $H_p = 1$ м в координатах

$$p' = \frac{p}{H_p} \text{ и } L' = \frac{L}{H_p} \text{ (рис. 2.5).}$$

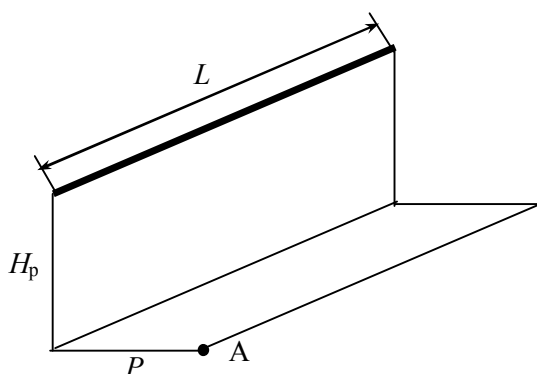


Рис. 2.5. Светящая линия (L) с указанием размеров, определяющих положение ее по отношению к контрольной точке;

H_p – расчетная высота подвеса светильников; p – расстояние от контрольной точки в плоскости, перпендикулярной светящей линии до перпендикуляра, опущенного на расчетную плоскость от светящей линии

На рис. 2.6 приведены линейные изолюксы для некоторых типов светильников с люминесцентными лампами.

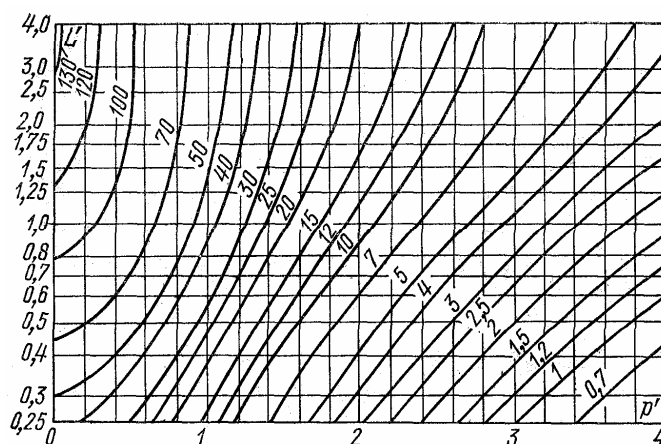


Рис. 2.6. Линейные изолюксы для светильников ЛПП

Расчет светового потока всех ламп в ряду выполняется в следующей последовательности:

1. На плане помещения с указанием светящихся линий отмечают расчетную точку в конце ряда светильников и лежащую посередине между параллельными рядами. Находят ее относительные координаты, т. е. p' и L' .

2. По кривым линейных изолюкс (рис. 2.6) определяют относительную освещенность ε по найденным p' и L' .

3. Потребный световой поток ламп в ряду рассчитывают по следующей формуле:

$$\Phi_p = \frac{1000 E_{\min} K_3 H_p L}{\mu \sum e}, \quad (2.13)$$

где μ – коэффициент, учитывающий освещенность от удаленных источников света, $\mu = 1,1$; $\sum \varepsilon$ – сумма относительных освещенностей от ближайших рядов (части рядов) светильников.

4. По рассчитанному световому потоку Φ_p подбирается количество и мощность ламп в ряду.

Задача 2.6. Освещение помещения производственного участка, имеющего размеры 15×6 м, выполнено светильниками серии ЛСП 2×36 Вт. Подвешены они на высоте 4 м над освещаемой поверхностью. Светильники располагаются в два непрерывных ряда (рис. 2.7).

Определить фактическую освещенность в контрольной точке А.

Решение: точка А освещается четырьмя полурядами, обозначенными цифрами от 1 до 4.

Определяем относительные величины p' и L' для каждого отрезка ряда светильников, а по кривым линейных изолюкс для светильника типа ЛСП (см. рис. 2.6) находим значения относительной освещенности и заносим в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Относительные величины p' и L' , ε

Номер ряда светильников	p	L	p'	L'	ε
1	1,7	1,5	0,425	0,375	50
2	1,7	1,5	0,425	0,375	50

Окончание табл. 2.6

Номер ряда светильников	p	L	p'	L'	e
3	1,7	13,5	0,425	3,375	100
4	1,7	13,5	0,425	3,375	100
					$\sum e = 300$

Световой поток светильника ЛПО 2 × 36 Вт равен:

$$\Phi_{\text{св}} = 2 \times 3200 = 6400 \text{ лм.}$$

Длина лампы 36 Вт – 1199 мм. Коэффициент запаса $K_3 = 1,5$, $\mu = 1,1$. Освещенность в точке А по выражению (2.13) составит:

$$E_A = \frac{1,1 \cdot 300 \cdot 6400}{1000 \cdot 1,5 \cdot 4 \cdot 1,199} = 294 \text{ лк.}$$

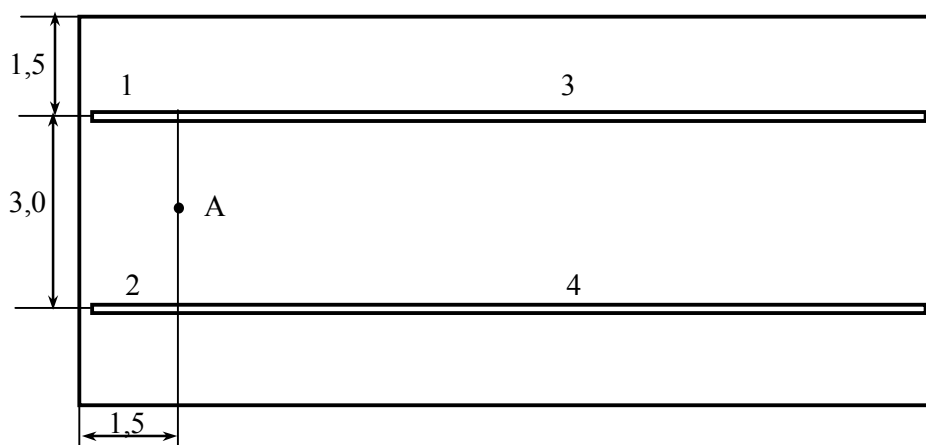


Рис. 2.7. Схема к расчету освещенности в точке А

Глава 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Определение установленной и расчетной мощности осветительной установки

На основании выполненных светотехнических расчетов осветительной установки и выбора ламп определяется установленная мощность осветительной нагрузки.

Установленная мощность ($P_{уст}$) складывается из мощности ламп выбранных для освещения помещений. При подсчете установленной мощности ламп следует суммировать отдельно мощность ламп накаливания ($\sum P_{л.н}$), люминесцентных ламп низкого давления ($\sum P_{л.л}$), дуговых ртутных ламп высокого давления ($\sum P_{р.л. в.д}$).

Для получения расчетной мощности вводится поправочный коэффициент спроса (K_c) к установленной мощности, так как в зависимости от характера производства и назначения помещений часть ламп по разным причинам может быть не включена.

Расчетная нагрузка для ламп накаливания определяется умножением установленной мощности ламп на коэффициент спроса:

$$P_{р.л.н} = \sum P_{л.н} K_c. \quad (3.1)$$

В осветительных установках с разрядными лампами расчетная максимальная мощность включает потери мощности в пускорегулирующей аппаратуре (ПРА) и определяются следующие расчетные нагрузки:

— для светильников с люминесцентными лампами низкого давления и с электромагнитными ПРА:

$$P_{р.л.л} = 1,2 \sum P_{л.л} K_c; \quad (3.2)$$

— для светильников с люминесцентными лампами низкого давления и с электронными ЭПРА и для компактных люминесцентных энергосберегающих ламп:

$$P_{р.л.л} = 1,05 - 1,08 \sum P_{л.л} K_c; \quad (3.3)$$

— для дуговых ртутных ламп ДРЛ, ДРИ:

$$P_{р.л.в.д} = 1,1 \sum P_{р.л.в.д} K_c. \quad (3.4)$$

Значение коэффициента спроса для сети рабочего освещения производственных зданий равно:

- 1,0 – для мелких производственных зданий;
- 0,95 – для зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов;
- 0,85 – для зданий, состоящих из малых отдельных помещений;
- 0,8 – для административно-бытовых и лабораторных зданий промышленных предприятий;
- 0,6 – для складских зданий, состоящих из многих отдельных помещений.

Коэффициент спроса для расчета сети аварийного освещения безопасности и эвакуационного следует принимать равным 1,0.

3.2. Расчет электрической сети освещения

Расчет электрической сети освещения заключается в определении сечения проводов и кабелей на всех участках групповой и питающей сети и расчет защиты.

Рассчитанное сечение жил проводов и кабелей должно удовлетворять условиям механической прочности, нагрева током длительным допустимым и потерь напряжения.

По механической прочности минимальное сечение жил проводов и кабелей принимается: медных не менее – 1,5 мм², алюминиевых – не менее 2,5 мм².

Расчет электрической сети и выбор сечений жил проводов (кабелей) производится:

1. *По нагреву электрическим током нагрузки.* Электрический ток нагрузки, протекая по проводнику, нагревает его. Нормами, приведенными в [1], установлены наибольшие допустимые температуры нагрева жил проводов и кабелей. Исходя из этого определены длительно допустимые токовые нагрузки для проводов и кабелей в зависимости от материала их изоляции, оболочки и условий прокладки.

Сечение жил проводов и кабелей для сети освещения можно определить по [1, табл. 1.3.4–1.3.8] в зависимости от расчетного длительного значения токовой нагрузки при нормальных условиях прокладки по условию

$$I_{\text{дл.доп}} \geq I_p / K_p, \quad (3.5)$$

где $I_{\text{дл.доп}}$ – допустимый ток на стандартное сечение провода, А (длительно допустимые токовые нагрузки на провода и кабели); I_p – рас-

четное значение длительного тока нагрузки, А; K_{Π} – поправочный коэффициент на условия прокладки (при нормальных условиях прокладки $K_{\Pi} = 1$).

Для выбора сечений проводов и кабелей по допустимому нагреву необходимо определить расчетные токовые нагрузки линий в амперах.

Расчетные максимальные токовые нагрузки определяют по формулам:

– для однофазной сети

$$I_p = \frac{P_p}{U_a \cos \varphi}; \quad (3.6)$$

– для трехфазной сети

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} U_{\Delta} \cos \varphi}; \quad (3.7)$$

– для двухфазной линии с нулем, при равномерной загрузке фаз

$$I_p = \frac{P_p}{2 U_a \cos \varphi}. \quad (3.8)$$

Коэффициент мощности ($\cos \varphi$) следует принимать:

1,0 – для ламп накаливания;

0,85 – для одноламповых светильников с люминесцентными лампами низкого давления с электромагнитными пускорегулирующими аппаратами (ПРА);

0,97–0,98 – для светильников с люминесцентными лампами низкого давления с электронным и пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА);

0,50 – для светильников с разрядными лампами высокого давления с ПРА без конденсатора;

0,85 – для светильников с разрядными лампами высокого давления, имеющими ПРА с конденсатором;

0,96–0,98 – для светильников с индукционными лампами; для светильников со светодиодными источниками света.

Задача 3.1. Рассчитать сечение жил и выбрать провод для прокладки групповой сети электроосвещения в помещении с нормальными условиями окружающей среды. Электрическая сеть однофазная

трехпроводная напряжением 230 В. Провода прокладываются открыто. Групповая линия состоит из девяти светильников с лампами мощностью 9×200 Вт.

Коэффициент спроса освещения $K_c = 1,0$.

Решение: определим расчетную мощность:

$$P_p = \sum P_{\text{л}};$$

$$P_p = 9 \cdot 200 = 1800 \text{ Вт.}$$

Определим расчетный ток:

$$I_p = 1800/230 = 7,8 \text{ А.}$$

По механической прочности определено минимальное сечение алюминиевых жил проводов и составляет $2,5 \text{ мм}^2$.

Из [1, табл. 1.3.5] выбираем провод с алюминиевыми жилами сечением $2,5 \text{ мм}^2$ с длительным допустимым током 20 А.

Подставим в условие (3.5):

$$20 \text{ А} > 7,8 \text{ А.}$$

Выбранное сечение удовлетворяет условию, следовательно, выбираем провод с алюминиевыми жилами марки АППВ $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$, который прокладывается в пластмассовом коробе.

Задача 3.2. Рассчитать сечение жил и выбрать кабель для прокладки групповой сети электроосвещения производственного участка с нормальными условиями окружающей среды. Электрическая сеть однофазная трехпроводная напряжением 230 В. Кабель выбрать с медными жилами, прокладываемый открыто. Групповая линия состоит из двенадцати ламп ДРИ мощностью 12×250 Вт, коэффициент мощности равен 0,92, коэффициент спроса освещения $K_c = 0,9$.

Решение: определим расчетную мощность:

$$P_p = \sum P_{\text{л}} K_{\text{ПРА}} K_c;$$

$$P_p = 12 \cdot 250 \cdot 1,1 \cdot 0,9 = 2970 \text{ Вт.}$$

Определим расчетный ток:

$$I_p = \frac{P_p}{U_{\text{ном}} \cos \varphi};$$

$$I_p = \frac{2970}{230 \cdot 0,92} = 14,03 \text{ А.}$$

По механической прочности определено минимальное сечение жил проводов и составляет для медных жил $1,5 \text{ мм}^2$.

Из [1, табл. 1.3.5] выбираем кабель с медными жилами сечением $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$ с длительным допустимым током 20 А. Подставим в условие (3.5):

$$20 \text{ А} > 14,03 \text{ А.}$$

Выбранное сечение удовлетворяет условию, следовательно, выбираем кабель с медными жилами марки ВВГ $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$, который прокладывается открыто по стене с креплением прижимами.

2. Расчет по потере напряжения в линии заключается в определении располагаемой (допустимой) потери напряжения в осветительной сети, т. е. потери напряжения в линии от источника питания (шин 0,4 кВ КТП) до последней лампы в ряду.

Допустимая потеря напряжения для питающей осветительной сети трансформаторной подстанции рассчитывается по формуле

$$\Delta U_{\text{доп}} = U_{\text{хх}} - U_{\text{min}} - \Delta U_{\text{т}}, \quad (3.9)$$

где $U_{\text{хх}}$ – напряжение холостого хода на вторичной стороне трансформатора, % (принимается равным 105 %); U_{min} – наименьшее напряжение, допускаемое на зажимах источника света, % (принимается равным 95 %); $\Delta U_{\text{т}}$ – потери напряжения в силовом трансформаторе, приведенные к вторичному номинальному напряжению и зависящие от мощности трансформатора, его загрузки β и коэффициента мощности нагрузки, %.

Потери напряжения в трансформаторе можно определить по табл. 3.1 или по выражению

$$\Delta U_{\text{т}} = \beta(U_a \cos \varphi + U_p \sin \varphi), \quad (3.10)$$

где β – коэффициент загрузки трансформатора; U_a и U_p – активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания трансформатора, которые определяются следующими выражениями:

$$U_a = \frac{\Delta P_{\text{кз}}}{P_{\text{ном}}} 100; \quad (3.11)$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2}, \quad (3.12)$$

где $P_{кз}$ – потери короткого замыкания, кВт; $P_{ном}$ – номинальная мощность трансформатора, кВт · А; U_k – напряжение короткого замыкания, %.

Значения $P_{кз}$ и U_k можно определить по табл. 3.2, а более точные значения приводятся в каталогах на трансформаторы.

Таблица 3.1

Потери напряжения в трансформаторах

Мощность трансформатора, кВт · А	Потери напряжения в трансформаторах ΔU_T , при различных значениях коэффициента мощности и коэффициенте загрузки $\beta = 1^*$					
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
160	1,7	3,3	3,8	4,1	4,3	4,4
250	1,5	3,2	3,7	4,1	4,3	4,4
400	1,4	3,1	3,7	4,0	4,2	4,4
630	1,2	3,4	4,1	4,6	4,9	5,2
1000	1,1	3,3	4,1	4,6	5,0	5,2
1600, 2500	1,0	3,3	4,1	4,5	4,9	5,2

Для определения ΔU_T его значение, найденное по таблице, следует умножить на фактическое значение коэффициента загрузки β .

Таблица 3.2

Значения P_k и U_k

Мощность трансформатора, кВт · А		160	250	400	630	1000	1600	2500
Потери, кВт	P_{xx}	0,73	1,05	1,45	2,27	3,3	4,5	6,2
	P_k	2,65	3,7	5,5	7,6	11,6	16,5	23,5
Напряжение U_k , %		4,5	4,5	4,5	5,5	5,5	5,5	5,5

Потери напряжения при заданном значении сечения проводов можно определить по выражению

$$\Delta U = M/CS, \quad (3.13)$$

или при заданном значении потери напряжения можно определить сечение провода

$$S = M/C\Delta U, \quad (3.14)$$

где M – момент нагрузки, кВт · м; C – коэффициент, зависящий от материала провода и напряжения сети (определяется по табл. 3.3).

Таблица 3.3

Значение коэффициента C

Номинальное напряжение сети, В	Система сети, род тока	Коэффициент C проводов	
		медных	алюминиевых
400/230	Трёхфазная с нулем	72,4	44
400/230	Двухфазная с нулем	32,1	19,6
230	Однофазная с нулем	12,1	7,4
24	–	0,324	0,198
12	–	0,036	0,022

Метод определения момента нагрузки выбирается в зависимости от конфигурации сети освещения:

– в простом случае (рис. 3.1, а) момент определяется как произведение мощности ламп на длину участка сети

$$M = P_p L; \quad (3.15)$$

– в проектной практике осветительная сеть имеет более сложную конфигурацию (рис. 3.1, б), тогда момент нагрузки можно определить по выражению

$$\begin{aligned} M &= P_1 L + P_2 (L + L_1) + P_3 (L + L_1 + L_2) = \\ &= L(P_1 + P_2 + P_3) + L_1(P_2 + P_3) + L_2 P_3; \end{aligned} \quad (3.16)$$

для сети с равномерно распределенной нагрузкой (рис. 3.1, в) момент нагрузки определяется как произведение мощности ламп на половину длины групповой линии [5]:

$$M = \sum P_p L + (L_1 + L_2)/2, \quad (3.17)$$

где L – длина участка сети от группового щитка до первого светильника в ряду, м.

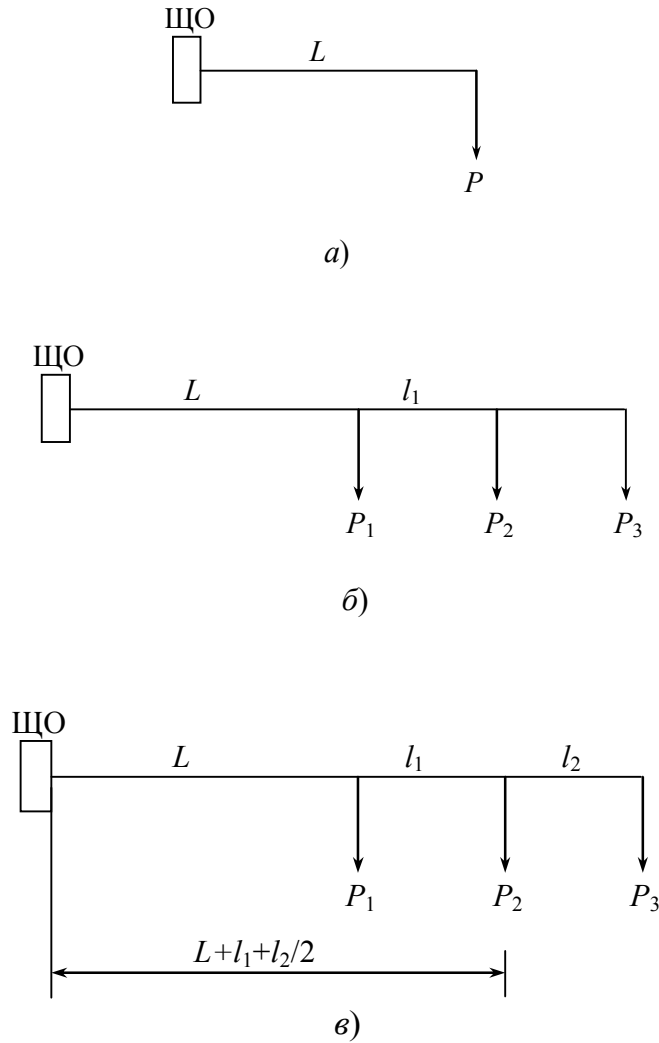


Рис. 3.1. Конфигурация сети освещения:
 а – простая сеть; б – сложная сеть с неравномерно
 распределенной нагрузкой; в – сложная сеть
 с равномерно распределенной нагрузкой

Для сети более сложной конфигурации, когда участки сети имеют разное количество фазных проводов, определяется приведенный момент по выражению

$$M_{\text{пр}} = \sum M + \alpha \sum m, \quad (3.18)$$

где $\sum M$ – сумма моментов данного и всех последующих по направлению тока участков с тем же числом проводов в линии, что и на данном участке; $\sum m$ – сумма моментов, питаемых через данный участок линии с иным числом проводов, чем на данном участке; α – коэффициент приведения моментов (определяется по табл. 3.4).

Таблица 3.4

Значение коэффициентов приведения моментов

Линия	Ответвление	Коэффициент приведения моментов α
Трёхфазная с нулем	Однофазное	1,85
Трёхфазная с нулем	Двухфазное с нулем	1,39
Двухфазная с нулем	Однофазное	1,33
Трёхфазная без нуля	Двухпроводное	1,15

Расчет сети на наименьший расход проводникового материала ведется по формуле

$$S = \sum M + \alpha \sum m / C \Delta U_p, \quad (3.19)$$

где ΔU_p – расчетные потери напряжения, %, допустимые от начала данного участка до конца сети.

По формуле (3.19) определяются сечения на всех участках сети освещения, начиная от участка ближайшего к источнику питания. Сечения округляются до ближайшего большего значения стандартного ряда. По выбранному сечению данного участка определяются потери напряжения в нем.

Задача 3.3. Определить момент нагрузки для групповой сети электроосвещения (рис. 3.2) и выбрать сечение кабеля при условии, что допустимая потеря напряжения (ΔU_p) для группового щитка ЩО равна 2,5 %.

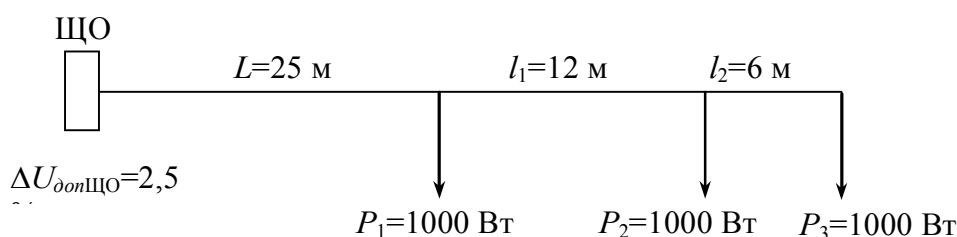


Рис. 3.2. Схема к задаче 3.3

Решение: определим момент нагрузки по формуле (3.19):

$$\begin{aligned}
 M &= 25(1000 + 1000 + 1000) + 12(1000 + 1000) + 6 \cdot 1000 = \\
 &= (75 + 24 + 6) \cdot 1000 = 105 \text{ кВт} \cdot \text{м}.
 \end{aligned}$$

Определим сечение жил кабеля по формуле (3.18):

$$S = 105/44 \cdot 2,5 = 0,95 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее большее стандартное сечение жил $2,5 \text{ мм}^2$, следовательно, для подключения ряда светильников удовлетворяет трехжильный кабель сечением $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$.

Задача 3.4. Определить сечение жил кабелей на участках от КТП до МЩ1 и от МЩ1 до ЩО1 (рис. 3.3). Мощность трансформатора КТП $250 \text{ кВ} \cdot \text{А}$, коэффициент загрузки $0,8$.

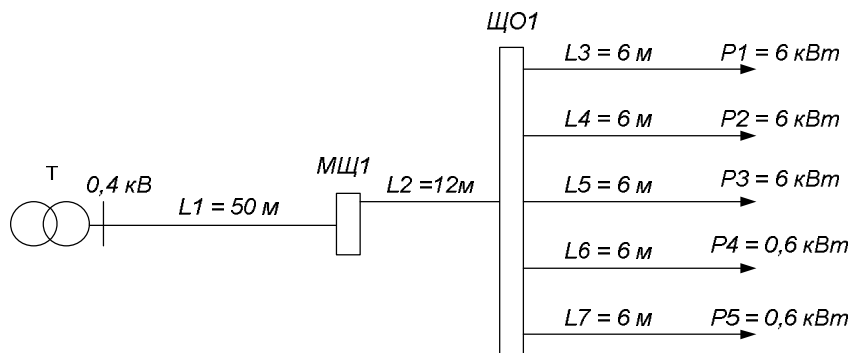


Рис. 3.3. Схема к задаче 3.4

Решение: определим потерю напряжения в трансформаторе по табл. 3.2 $\Delta U_T = 3,7 \%$.

Располагаемую допустимую потерю напряжения найдем по формуле (3.9):

$$\Delta U_p = 105 - 95 - 3,7 = 6,3 \%.$$

Определим момент нагрузки M_1 и M_2 :

$$M_1 = L_1 P_{1-5} = 50 \cdot 19,2 = 960 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = L_2 P_{1-5} = 12 \cdot 19,2 = 230,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Приведенный момент

$$\begin{aligned} M_{\text{пр} L1} &= M_1 + M_2 + \alpha(m_6 + m_7) = \\ &= 960 + 230,4 + 1,85 \cdot (3,6 + 3,6) = 1203,7 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Определим сечение жил кабеля на участке L_1 :

$$S = 1203,4/44 \cdot 6,3 = 4,34 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель от трансформатора КТП до МЩ сечением $5 \times 10 \text{ мм}^2$.

Фактическая потеря напряжения на участке L_1 составляет:

$$\Delta U_{\text{ф}} = 1203,7 / 44 \cdot 10 = 2,7 \, \%$$

Располагаемая потеря напряжения для последующего участка сети от МЩ1 до ЩО1 составляет:

$$\Delta U = 6,3 - 2,7 = 3,6 \, \%$$

Для определения сечения жил кабеля на втором участке L_2 определим приведенный момент $M_{\text{пр}L2}$:

$$M_{\text{пр}L2} = 230,4 + 1,85 \cdot 7,2 = 243,72 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$S = 243,72 / 44 \cdot 3,6 = 1,5 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель сечением $5 \times 6 \text{ мм}^2$:

$$\Delta U_{\text{ф}} = 243,72 / 44 \cdot 6 = 0,9 \, \%$$

Располагаемая потеря напряжения для групповой сети составляет:

$$\Delta U_{\text{доп}} = 3,6 - 0,9 = 2,7 \, \%$$

Задача 3.5. Для каждого участка осветительной сети, схема которого представлена на рис. 3.4, выбрать сечение кабеля по допустимому току и допустимой потере напряжения. Исходные данные представлены в табл. 3.5. Коэффициент спроса принять равным 0,9.

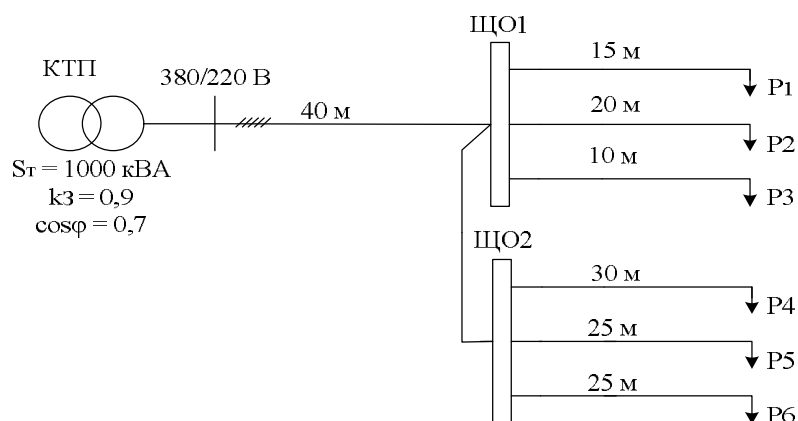


Рис. 3.4. Схема к задаче 3.5

Таблица 3.5

Данные осветительной сети

Номер группы	Тип ламп	Установленная мощность, кВт	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Потери в ПРА $k_{ПРА}$
1	ЛЛ	2,88	0,98	1,05
2	ЛЛ	1,44	0,98	1,05
3	ЛЛ	0,72	0,98	1,05
4	ЛЛ	2,32	0,98	1,05
5	ЛЛ	2,16	0,98	1,05
6	ЛЛ	3,6	0,98	1,05

Решение: определим расчетную мощность для каждого участка осветительной сети по формуле (3.3) и результаты запишем в табл. 3.5:

$$P_{л.л} = 2,88 \cdot 1,05 \cdot 0,9 = 2,4 \text{ кВт.}$$

Определим расчетный ток для каждого участка осветительной сети по формуле (3.3) и результаты запишем в табл. 3.5:

$$I_p = 4 \text{ А.}$$

Определим сечение кабеля с медными жилами для первого участка сети освещения по допустимому нагреву по условию (3.5).

Длительный допустимый ток для кабеля с медными жилами сечением $1,5 \text{ мм}^2$ составляет 19 А [1, табл. 1.3.4]:

$$19 \text{ А} > 10,4 \text{ А.}$$

Условие соблюдается, следовательно выбираем кабель марки ВВГ с медными жилами сечением $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$.

Расчет для остальных групп аналогичный, результаты представлены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Результаты расчета осветительной сети

Номер группы	Расчетная мощность, кВт	Расчетный ток, А	Количество и сечение жил	Момент нагрузки, кВт · м	Допустимая потеря напряжения $\Delta U_{\text{доп}}$, %	Фактическая потеря напряжения $\Delta U_{\text{факт}}$, %
1	2,4	11,1	3 x 1,5	36	4,36	1,98
2	1,2	5,5	3 x 1,5	24	4,36	1,32
3	0,6	2,7	3 x 1,5	6	4,36	0,3
По ЩО1	4,2	6,3	—	—	—	—
4	1,9	8,8	3 x 1,5	57	4,39	1,98
5	1,84	8,5	3 x 1,5	46	4,39	2,5
6	3,04	14,1	3 x 2,5	76	4,39	2,5
По ЩО2	6,8	10,3	5 x 4,0	136	4,39	0,46
КТП-ЩО1	11,0	16,6	5 x 6,0	440	5,86	1,01

Проверим выбранное сечение кабелей групповой и питающей сети по допустимой потере напряжения. Для этого определим допустимую потерю напряжения для КТП по формуле (3.9):

$$\Delta U_{\text{доп}} = U_{\text{xx}} - U_{\text{min}} - \Delta U_{\text{т}}.$$

Потери в трансформаторе можно определить по табл. 3.2. Для трансформатора мощностью 1000 кВт · А при коэффициенте мощности 0,7 и коэффициенте загрузки 0,9 – $\Delta U_{\text{т}} = 4,14$ %.

$$\Delta U_{\text{доп}} = 105 - 95 - 4,14 = 5,86 \text{ \%}.$$

Определим момент нагрузки для каждого участка по выражению (3.15):

$$M_1 = P_{\text{пл}} l;$$

$$M_1 = 2,4 \cdot 15 = 36 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Расчет для остальных участков сети аналогичный, результаты представлены в табл. 3.6.

Потеря напряжения для питающего кабеля составит:

$$\Delta U_{\text{кл}} = \frac{440}{72,4 \cdot 6,0} = 1,01 \text{ \%}.$$

Допустимая потеря напряжения для ЩО1:

$$\Delta U_{\text{доп ЩО1}} = 5,86 - 1,01 = 4,85 \text{ \%};$$

$$\Delta U_{\text{к1}} = \frac{36}{12,1 \cdot 1,5} = 1,98 \text{ \%}.$$

Расчет для 2-го и 3-го участков осветительной сети аналогичный, результаты представлены в табл. 3.6.

Допустимая потеря напряжения для ЩО2:

$$\Delta U_{\text{доп ЩО2}} = \Delta U_{\text{доп ЩО1}} = \Delta U_{\text{к}};$$

$$\Delta U_{\text{доп ЩО2}} = 4,85 - 0,46 = 4,39 \text{ \%}.$$

Потеря в кабеле питающем ЩО2 составит:

$$\Delta U_{\text{к}} = \frac{136}{72,4 \cdot 4,0} = 0,46 \text{ \%}.$$

Определим потерю напряжения в кабеле на четвертом участке сети:

$$\Delta U_{\text{к4}} = \frac{57}{12,1 \cdot 1,5} = 1,98 \text{ \%}.$$

Расчет для 5-го и 6-го участков осветительной сети аналогичный, результаты представлены в табл. 3.6.

3.3. Схемы питания электрического освещения

Питание электрического освещения осуществляется, как правило, совместно с силовыми электроприемниками от общих трехфазных силовых трансформаторов с глухозаземленной нейтралью. Номинальное напряжение в таких сетях составляет 400/230 В с системой заземления TN-S или TN-C-S, схемы которых представлены в [8].

По определению [1] сети электрического освещения подразделяются на питающие осветительные сети, распределительные сети и групповые сети.

Питающая осветительная сеть – сеть от распределительного устройства подстанции или ответвления от воздушных линий электропередачи до вводного устройства (ВУ), вводно-распределительного устройства (ВРУ), главного распределительного щита (ГРЩ).

Распределительная сеть – сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов, щитков и пунктов питания наружного освещения.

Групповая сеть – сеть от щитков до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников.

Вводное устройство – совокупность конструкций, аппаратов и приборов, установленных на вводе питающей линии в здание или его обособленную часть.

Вводно-распределительное устройство – вводное устройство, включающее в себя также аппараты и приборы отходящих линий.

Главный распределительный щит – распределительный щит, через который снабжается электроэнергией все здание или его обособленная часть.

Групповой щиток – устройство, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только аппараты защиты) для отдельных групп светильников, штепсельных розеток и стационарных электроприемников.

Для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения, как правило, должно применяться напряжение не выше 230 В переменного и постоянного тока. В помещениях без повышенной опасности напряжение 230 В может применяться для всех стационарно установленных осветительных приборов вне зависимости от высоты их установки.

Питание осветительных приборов ремонтного и местного освещения с лампами накаливания должно производиться на безопасном напряжении (не выше 50 В) от понижающих трансформаторов с электрически раздельными обмотками высокого и низкого напряжения или автономных источников питания. В целях электробезопасности один из выводов или нейтраль обмотки низшего напряжения трансформатора должны быть заземлены или занулены.

При наличии особо неблагоприятных условий, а именно когда опасность поражения электрическим током усугубляется теснотой, неудобным положением работающего, соприкосновением с большими металлическими, хорошо заземленными поверхностями (например работа в емкостях, котлах), и в наружных установках для питания ручных светильников должно применяться напряжение не выше 12 В.

Светильники рабочего освещения и светильники освещения безопасности в производственных и общественных зданиях и на открытых пространствах должны питаться от независимых источников.

Светильники и световые указатели эвакуационного освещения в производственных зданиях с естественным освещением, в общест-

венных и жилых зданиях должны быть присоединены к сети, не связанной с сетью рабочего освещения, начиная от щита подстанций (распределительного пункта освещения) или, при наличии только одного ввода, начиная от вводного распределительного устройства.

Питающие сети для осветительной установки и силового электрооборудования рекомендуется выполнять отдельными линиями.

В начале каждой питающей линии устанавливаются аппараты защиты и отключения. В начале групповой линии обязательно устанавливается аппарат защиты, а отключающий аппарат может не устанавливаться при наличии таких аппаратов по длине линии.

При питании внутреннего освещения от КТП нецелесообразно использовать мощные линейные автоматические выключатели для защиты линий питающей сети, так как их номинальные данные могут быть значительно выше мощности линий.

Поэтому вблизи КТП устанавливаются магистральные щитки с автоматическими выключателями, от которых питаются групповые щитки.

Групповые щитки рабочего и аварийного освещения в производственных и общественных зданиях должны питаться от независимых источников питания. Допускается питание рабочего и аварийного освещения от разных трансформаторов одной двухтрансформаторной подстанции при питании трансформаторов от двух независимых источников.

Схемы питания электрического освещения должны обеспечивать: необходимую степень надежности электроснабжения; простоту, удобство эксплуатации и управления; экономичность осветительной установки.

Некоторые типовые схемы питания осветительных установок производственных зданий приведены на рис. 3.5–3.10.

На рис. 3.5 приведены схемы питания электрического освещения от ВРУ совместно с силовыми электроприемниками.

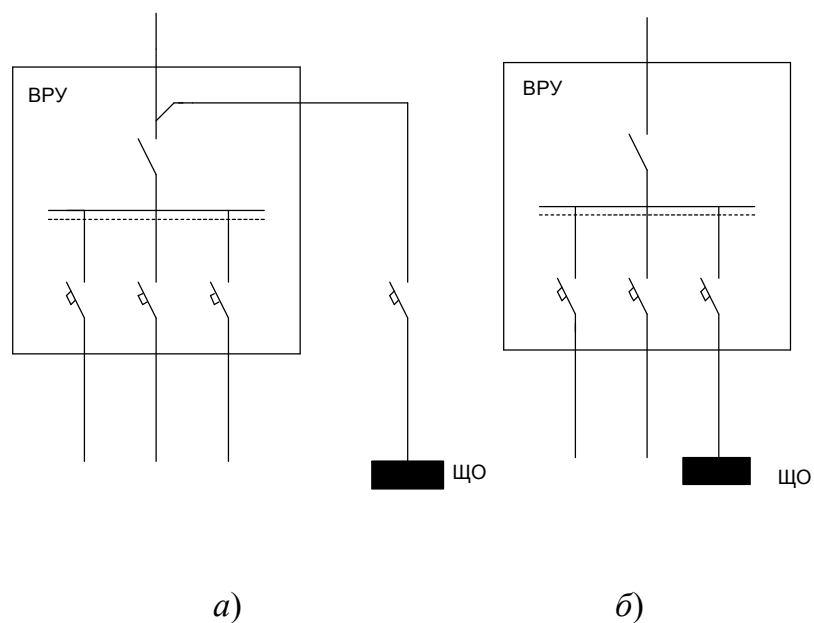


Рис. 3.5. Схема питания электрического освещения от вводно-распределительного устройства

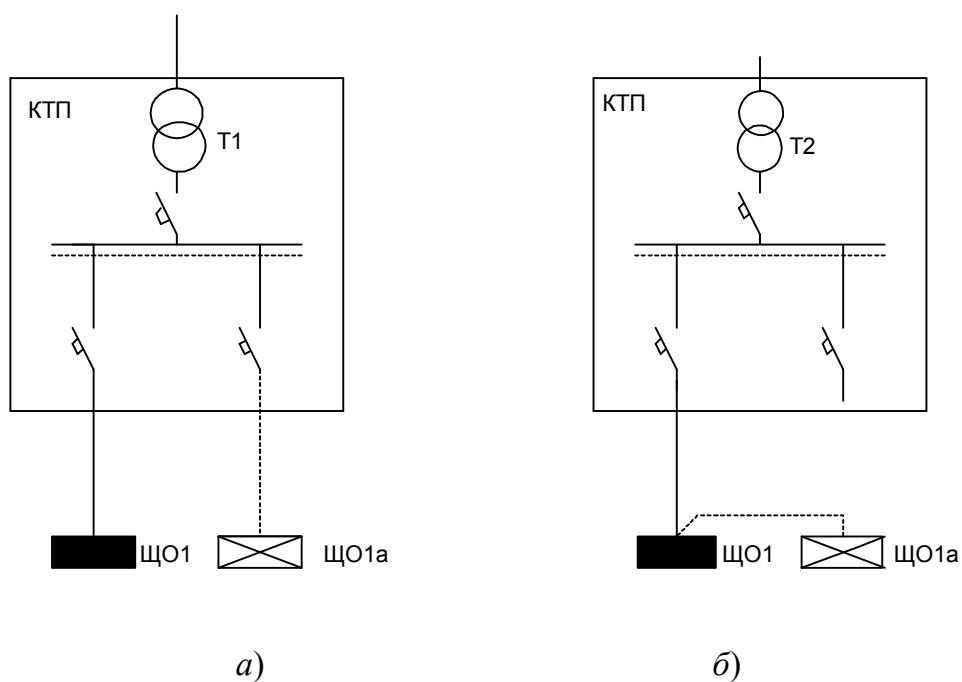


Рис. 3.6. Схема питания освещения от однотрансформаторной подстанции

На рис. 3.6 приведены схемы питания рабочего и аварийного освещения от одной однотрансформаторной подстанции. Осветительные щитки питаются по отдельным линиям от щита подстанции (рис. 3.7, а) или по общей линии с разделением ее на вводе в здание (рис. 3.7, б).

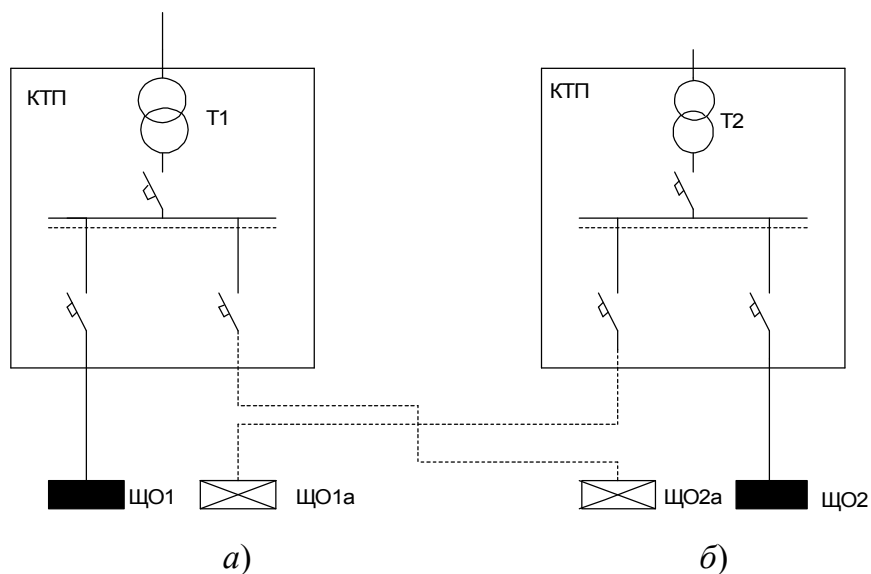


Рис. 3.7. Схема питания электрического освещения от двух однотрансформаторных подстанций

Для электрических нагрузок второй категории электроснабжения могут использоваться схемы питания освещения от двух однотрансформаторных подстанций, причем для рабочего и аварийного освещения используются разные трансформаторы (рис. 3.8).

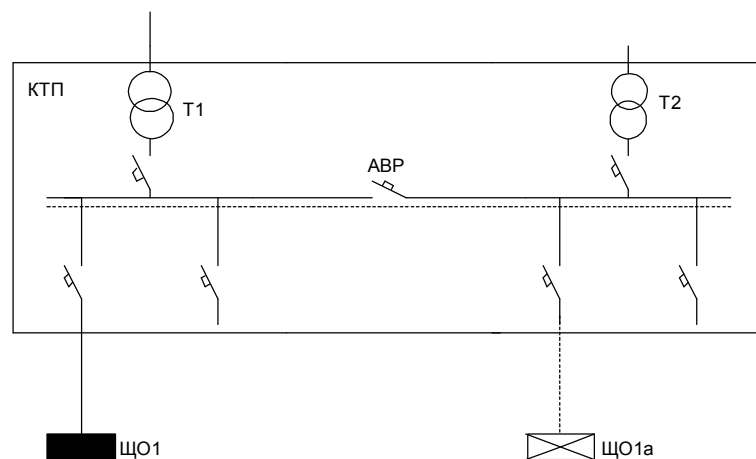


Рис. 3.8. Схема питания электрического освещения от двухтрансформаторной подстанции

При наличии в системе электроснабжения здания двухтрансформаторных подстанций щитки рабочего и аварийного освещения подключаются от разных трансформаторов (рис. 3.9).

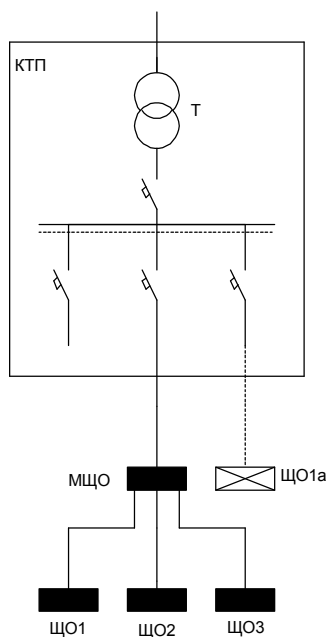


Рис. 3.9. Схема питания групповых щитков от магистрального щитка

Для электроустановок первой категории электроснабжения в качестве второго источника питания аварийного освещения применяются аккумуляторные батареи, генераторы с дизельными или бензиновыми двигателями, а также используются электрические связи с ближайшими независимыми источниками (рис. 3.10). Эта схема используется при применении третьих независимых источников при питании электроустановок «особой» категории электроснабжения.

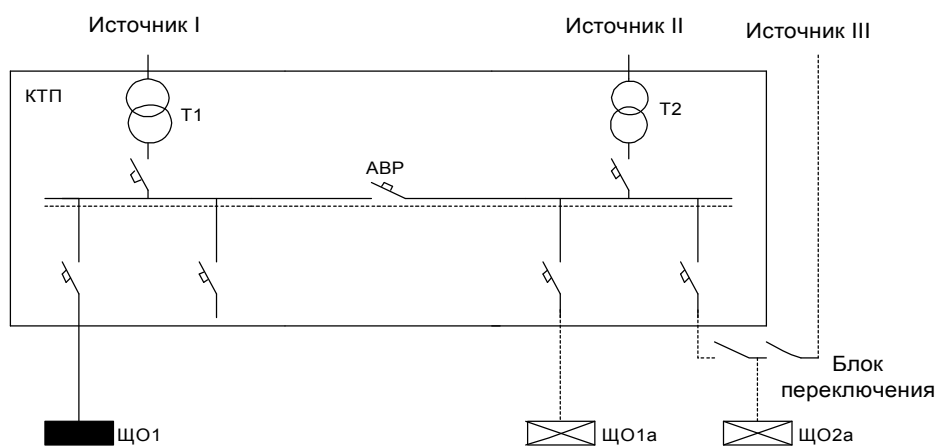


Рис. 3.10. Схема питания электрического освещения от трех источников

3.4. Рекомендации по выбору осветительных щитков и способы прокладки электрической проводки

При выборе типов щитков учитывают условия среды в помещениях, способ установки щитка, количество и тип установленных в них аппаратов защиты.

По степени защиты от внешних воздействий щитки имеют следующие конструктивные исполнения: защищенное, закрытое, брызгонепроницаемое, пыленепроницаемое, взрывозащищенное и химически стойкое.

Конструктивно щитки изготавливаются для открытой установки на стенах (колоннах, строительных конструкциях) и для утопленной установки в нишах стен. При размещении их следует выбирать помещения с более благоприятными условиями среды.

Магистральные и групповые щитки выбираем серии ПР85, которые комплектуются аппаратами защиты автоматическими выключателями в однополюсном или в трехполюсном исполнении.

Технические характеристики осветительных щитков приведены в приложении 1 (табл. П.1.15).

Осветительные сети выполняют проводами и кабелями с алюминиевыми и медными жилами различными способами электрической проводки.

Способы выполнения электрической проводки должны обеспечивать:

- надежность, которая достигается соответствием условиям среды, механической прочностью жил проводов и кабелей, защитой от внешних механических повреждений;
- безопасность в отношении пожара, взрыва, поражения электрическим током;
- индустриализацию выполнения монтажных работ;
- экономию черных и цветных металлов;
- экономичность (наименьшую стоимость), удобство эксплуатации (доступность, ремонтпригодность);
- требование эстетики (не нарушая эстетики архитектуры помещений).

Для выполнения электрической проводки применяются провода и кабели с медными алюминиевыми жилами.

Для выполнения электрической проводки сети освещения широкое распространение получили провода и кабели следующих марок:

– АППВ, ППВ (АППВС, ППВС) – плоские двух-, трехжильные провода для скрытой несменяемой проводки (уже не применяются на основании требований [4]). Допускается прокладывать в трубах, коробах и на изоляторах. Для скрытой прокладки под штукатуркой, в бетоне, в кирпичной кладке, в пустотах строительных конструкций, а также открыто по поверхности стен и потолков на лотках, тросах и других конструкциях должны применяться изолированные провода с защитной оболочкой или кабели;

– АВТ, АВТУ, АВТВ, АВТВУ – тросовые трех-, четырехжильные провода с поливинилхлоридной изоляцией жил, содержащие в своей конструкции несущий стальной трос;

– ПРКА – нагревостойкие провода с медными жилами для зарядки светильников;

– ПУНП – многожильные провода с медными жилами с поливинилхлоридной изоляцией в оболочке.

В осветительных сетях широко применяются кабели с алюминиевыми и медными жилами марки:

– АВВГ, ВВГ – кабели с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой;

– АВРГ, ВРГ – кабели с поливинилхлоридной оболочкой и резиновой изоляцией;

– АВВГнг, ВВГнг – кабели с поливинилхлоридной негорючей изоляцией;

– АПвВГ, ПвВГ – кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Способ прокладки проводов и кабелей сети электрического освещения зависит от характеристики помещений по условиям среды.

Для сети электрического освещения производственных, административно-бытовых, общественных и жилых зданий применяются открытые и скрытые электропроводки.

В производственных зданиях применяются открытые электропроводки. Открытые электропроводки прокладываются по поверхностям стен, потолков, по фермам и другим строительным элементам зданий.

Открытые электропроводки в осветительных сетях выполняются следующими основными способами:

– непосредственно по строительным основаниям (с креплением скобами или с помощью монтажно-строительного пистолета пристреливаются стальные полосы, на которые бандажом закрепляются провода и кабели);

- прокладка на лотках и в коробах;
- тросовые проводки, выполняемые проводами и кабелями, закрепляемые и подвешиваемые на тросе или тросовыми проводами;
- проводки в стальных и пластмассовых трубах;
- применение осветительных шинопроводов.

Скрытые электропроводки преимущественно применяются в административно-бытовых, общественных и жилых зданиях следующими основными способами:

- прокладка проводов в каналах и пустотах строительных оснований, под слоем штукатурки;
- проводами в трубах, проложенных в подготовке полов, в монолитных перекрытиях, стенах и перегородках, полостях за подвесными потолками.

3.5. Защита осветительной сети и выбор автоматических выключателей

Осветительные сети должны иметь защиту от токов короткого замыкания (КЗ), а в некоторых случаях также от перегрузки [1].

Защите от перегрузки подлежат сети:

- внутри помещений, проложенные открыто незащищенными изолированными проводниками и с горючей оболочкой;
- внутри помещений, проложенные защищенными проводниками в трубах, в несгораемых строительных конструкциях и т. п.;
- осветительные в жилых, общественных и торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников, а также в пожароопасных производственных помещениях;
- всех видов во взрывоопасных наружных установках независимо от условий технологического процесса или режима работы сети.

Все остальные сети не требуют защиты от перегрузки и защищаются только от токов КЗ.

Аппараты, установленные для защиты от КЗ и перегрузки, должны быть выбраны таким образом, чтобы номинальный ток каждого из них $I_{\text{ном з.а}}$ был не меньше расчетного, рассматриваемого участка сети:

$$I_{\text{ном з.а}} \geq I_p, \quad (3.20)$$

где I_p – расчетный ток рассматриваемого участка сети, А.

Осуществляется защита осветительных сетей аппаратами защиты – плавкими предохранителями или автоматическими выключателями, которые отключают защищаемую электрическую сеть при ненормальных режимах.

Для защиты осветительных сетей промышленных, общественных, жилых этажных зданий наибольшее распространение получили однополюсные и трехполюсные автоматические выключатели с расцепителями, имеющими обратно зависимую от тока характеристику, у которых с возрастанием тока время отключения уменьшается.

Аппараты защиты, защищающие электрическую сеть от токов КЗ, должны обеспечивать отключение аварийного участка с наименьшим временем с соблюдением требований селективности. Для обеспечения селективности защит участков электрической сети номинальные токи аппаратов защиты (ток плавких вставок предохранителей или токи уставок автоматических выключателей) каждого последующего по направлению к источнику питания следует принимать выше не менее чем на две ступени, чем предыдущего, если это не приводит к завышению проводов. Разница не менее чем на одну ступень обязательна при всех случаях.

Номинальные токи уставок автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей следует выбирать по возможности наименьшими по расчетным токам защищаемых участков сети, при этом должно соблюдаться соотношение между наибольшими допустимыми токами проводов $I_{\text{п}}$ и номинальными токами аппаратов защиты $I_{\text{з}}$ по условию

$$I_{\text{дл.доп}} \geq K_3 I_{\text{з}} / K_{\text{п}}, \quad (3.21)$$

где K_3 – кратность защиты (кратность длительно допустимого тока для проводов или кабелей по отношению к току срабатывания защитного аппарата, определяется по табл. 3.7); $I_{\text{з}} = I_{\text{ном пл.вст}}$, если линия защищается предохранителями; $I_{\text{з}} = I_{\text{ном з.а}}$, если линия защищается автоматическим выключателем.

Аппараты защиты (плавкие предохранители и автоматические выключатели в металлических щитках) следует устанавливать:

- в местах присоединения сети к источнику питания (распределительные щиты КТП, вводно-распределительные устройства, распределительные пункты, магистральные шинопроводы);
- на вводах в здания;
- в местах уменьшения сечения проводов по направлению к электроприемникам;

- со стороны высшего напряжения понижающих трансформаторов;
- со стороны низшего напряжения понижающих трансформаторов;
- при защите сетей с глухозаземленной нейтралью автоматическими выключателями, а их расцепители должны устанавливаться во всех нормально незаземленных проводах.

Таблица 3.7

Кратности допустимых токовых нагрузок на провода и кабели по отношению к номинальным токам или токам срабатывания защиты

Провод, кабель	Автоматический выключатель	Коэффициент защиты
Провода и кабели с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией	Ток уставки расцепителя, А	1,0
Провода всех марок	Ток уставки расцепителя, А	1,0
Провода и кабели с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией, прокладываемые во взрывоопасных помещениях	Ток уставки расцепителя, А	1,0

Номинальный ток аппаратов защиты (расцепители автоматических выключателей и плавкие вставки предохранителей) для групповых линий внутреннего освещения должен быть не более 25 А, а групповые линии, питающие разрядные лампы мощностью 125 Вт и более, лампы накаливания на напряжение до 42 В любой мощности и лампы накаливания напряжением выше 42 В мощностью 500 Вт и более могут защищаться аппаратами защиты на ток до 63 А.

Задача 3.6. Для сети освещения, схема которой приведена на рис. 3.5, рассчитать параметры и выбрать автоматические выключатели серии ВА в питающей и групповых линиях.

Рассчитать сечение и выбрать марку кабеля на каждом участке сети по допустимому нагреву. Сечение кабеля согласовать с током расцепителя аппарата защиты. Предполагается электрическую проводку осветительной сети проложить в административно-бытовом помещении предприятия. Коэффициент спроса осветительной нагрузки принять равным 0,8.

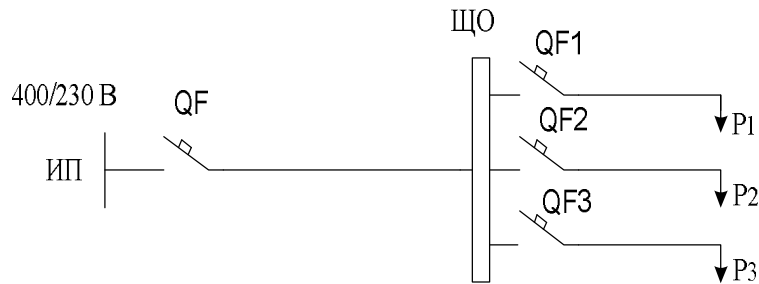


Рис. 3.11. Схема к задаче 3.6

Электрические нагрузки групповых линий представлены в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Электрические нагрузки групповых линий освещения

Обозначение на схеме	Тип ламп	Установленная мощность, кВт	Коэффициент мощности $\cos\varphi$	Потери в ПРА $k_{\text{ПРА}}$
P_1	ЛН	1,0	1,0	—
P_2	ЛЛ	1,44	0,98	1,05
P_3	ДРИ	2,5	0,85	1,1

Решение: рассчитаем ток в каждой групповой линии по формулам:

$$I_p = \frac{P_p}{U_{\text{ном}} \cos\varphi};$$

$$I_{p1} = \frac{1,0}{0,23 \cdot 1,0} = 4,3 \text{ А.}$$

Для остальных групп расчет аналогичный. Результаты расчета представлены в табл. 3.9.

Выбор сечения жил кабелей для каждого участка сети производим по условию (3.5):

$$I_{\text{дл доп}} > I_{p1}.$$

Таблица 3.9

Результаты расчета осветительной сети

Номер группы	Расчетная мощность, кВт	Расчетный ток, А	Количество и сечение жил, мм ²	Длительный допустимый ток, А	Тип автоматического выключателя	Ток расцепителя, А
1	1,0	4,3	3 х 1,5	19	ВА51-31-100	10
2	1,51	7,0	3 х 1,5	19	ВА51-31-100	10
3	2,75	14,7	3 х 1,5	19	ВА51-31-100	16
Линия ВРУ-ЩО	5,26	13,2	3 х 2,5	25	ВА51-31-100	20

Ток длительный допустимый $I_{\text{дл.доп}}$ для выбора минимального сечения медных жил кабеля 1,5 мм² определим по табл. П.1.11 (равен 19 А), ток расчетный $I_{\text{дл.доп}}$ равен 4,3 А.

Подставив полученные данные в условие (3.5), получим:

$$19 \text{ А} > 4,3 \text{ А}.$$

Условие соблюдается, следовательно, выбираем для первого участка сети освещения кабель с медными жилами сечением $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$.

Для остальных групп расчет аналогичный, результаты расчета представлены в табл. 3.9.

Для защиты осветительной сети от коротких замыканий в сети выбираем однополюсный автоматический выключатель по условию (3.21):

$$I_{\text{ном з. а}} \geq I_{\text{р1}}.$$

Для защиты сети первой группы подставим значения в условие

$$10 \text{ А} \geq 4,3 \text{ А}.$$

Выбираем автоматический выключатель серии ВА51-29 63/6,3А с защитной характеристикой В (табл. П.1.14).

Для остальных групп расчет аналогичный, результаты расчета представлены в табл. 3.9.

Производим выбор аппарата защиты на участке от ИП до ЩО по условию (3.21):

$$16 \text{ А} \geq 13,2 \text{ А}.$$

Выбираем трехполюсный автоматический выключатель серии ВА51-31-100/20 с защитной характеристикой B (табл. П.1.14) на одну ступень выше, чем требовалось по расчетным параметрам с учетом селективности срабатывания защитных аппаратов.

Выбранное сечение жил кабелей следует согласовать с током защитного аппарата по условию

$$I_{\text{дл.доп}} \geq I_{\text{ном а.з}} K_3,$$

где K_3 – коэффициент защиты равен 1,0 для кабельных линий, проложенных в общественных помещениях.

Для групповой линии участка 1:

$$19 \text{ А} \geq 10 \text{ А}.$$

Условие соблюдается: длительный допустимый ток жил кабеля – 19 А – выше тока срабатывания расцепителя автоматического выключателя, который составляет 10 А.

Аналогично производим согласование для участков 2 и 3.

Произведем согласование длительного допустимого тока кабеля на участке ИП-ЩО с током защитного аппарата:

$$19 \text{ А} < 20 \text{ А}.$$

Выбранный кабель на участке ИП-ЩО не удовлетворяет условию, следовательно, необходимо увеличить сечение на одну ступень ($2,5 \text{ мм}^2$) и согласовать с защитным аппаратом.

Кабель сечением жил $2,5 \text{ мм}^2$ имеет ток длительный допустимый – 25 А [1, табл. 1.3.6]:

$$25 \text{ А} \geq 20 \text{ А}.$$

Условие соблюдается, окончательно выбираем кабель с медными жилами на участке ИП-ЩО сечением $5 \times 2,5 \text{ мм}^2$.

Глава 4. УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ОСВЕЩЕНИЕМ

Управление электрическим освещением производственных помещений, общественных зданий производится в ручном, дистанционном, автоматическом режимах.

Ручное управление. Ручное управление электрическим освещением административных, общественных, жилых зданий производится выключателями общего назначения.

Ручное управление в производственных помещениях осуществляется автоматическими выключателями, установленными в групповых щитках. Включение и отключение светильников производится рядами в зависимости от уровня естественной освещенности в помещении.

Дистанционное управление освещением. Для дистанционного управления электрическим освещением производственных цехов и участков, имеющих большие пролеты, применяются пульты управления, схема которого представлена на рис. 4.1.

Пульты могут применяться совместно с осветительными щитками и могут управлять шестью трехфазными или однофазными линиями.

Напряжение питания пульта управления 230 В переменного тока.

Пульт имеет изолированную нулевую (N) и связанную с корпусом защитную (PE) шины, что позволяет применять их в трехпроводной системе электроснабжения.

Пульт состоит из вводного автоматического выключателя $QF1$, шести выключателей с фиксированным положением типа «ТУМБЛЕР» и семи комплектов с сигнальной арматурой на светодиодных излучателях.

Для дистанционного включения и выключения групповых линий освещения требуется дополнительно к пульту управления применить электромагнитные пускатели, которые своими главными контактами и будут производить включение или отключение групповых линий. Пульт управления может быть установлен в помещении диспетчера или в другом помещении с дежурным персоналом цеха или участка, а электромагнитные пускатели непосредственно у осветительного группового щитка.

Работает схема следующим образом: включением автоматического выключателя $QF1$ (рис. 4.1) подается напряжение на цепи

управления и сигнализации. При этом получает питание светодиодный излучатель $VD8$, сигнализируя о подаче напряжения «Напряжение ВКЛЮЧЕНО». При необходимости включения групповых линий включаются в ручном режиме выключатели $SB1–SB6$ дежурным персоналом цеха. После чего включаются электромагнитные пускатели, которые включают групповые линии освещения. Катушки электромагнитных пускателей подключаются к выводам $XT11–XT16$ пульта дистанционного управления. Отключение производится этими же выключателями $SB1–SB6$. О включенном состоянии групповых линий освещения сигнализируют светодиодные излучатели $VD9–VD14$.

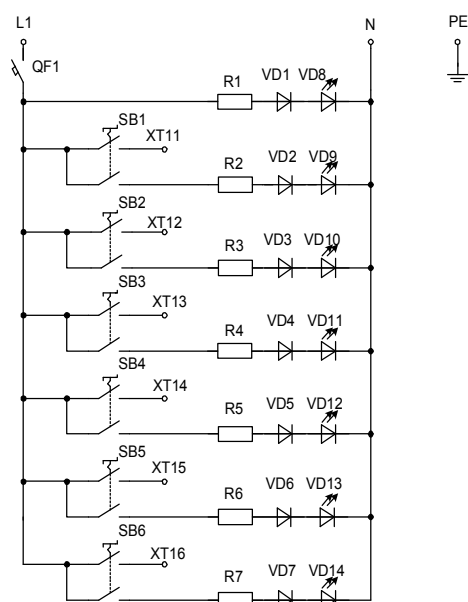


Рис. 4.1. Схема электрическая принципиальная пульта дистанционного управления

Так как освещение производственных цехов и участков производится различными светильниками с мощными источниками света, то питание групповых линий осуществляется по трехфазной системе напряжения с чередованием подключения светильников по фазам $L1$, $L2$, $L3$. В этом случае применяется схема включения двух пускателей на одну трехфазную групповую линию (рис. 4.2). Тогда электромагнитным пускателем $KM1$ производится управление светильниками, подключенными к фазам $L1$ и $L2$, а пускателем $KM2$ – светильниками, подключенными к фазе $L3$. При одновременном включении пускателей $KM1$ и $KM2$ включаются все светильники групповой линии. Это позволит более гибко управлять групповыми линиями освещения.

Комбинация «включение – отключение» групповых линий в зависимости от уровня освещенности в помещении позволит существенно снизить электропотребление на электрическое освещение помещений производственных и других зданий.

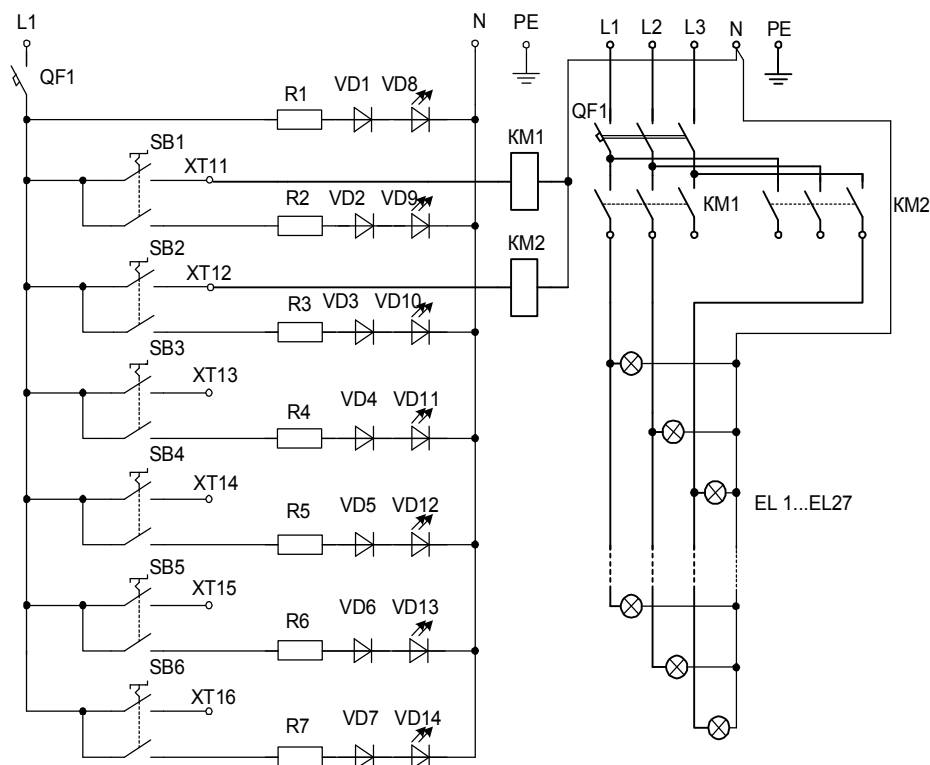


Рис. 4.2. Фрагмент схемы электрической принципиальной дистанционного управления с помощью электромагнитных пускателей

Автоматическое управление. При включении пульта дистанционного управления совместно со светочувствительным автоматом (рис. 4.3) осуществляется автоматическое управление групповых линий внутреннего освещения в зависимости от уровня естественного и искусственного освещения производственных помещений.

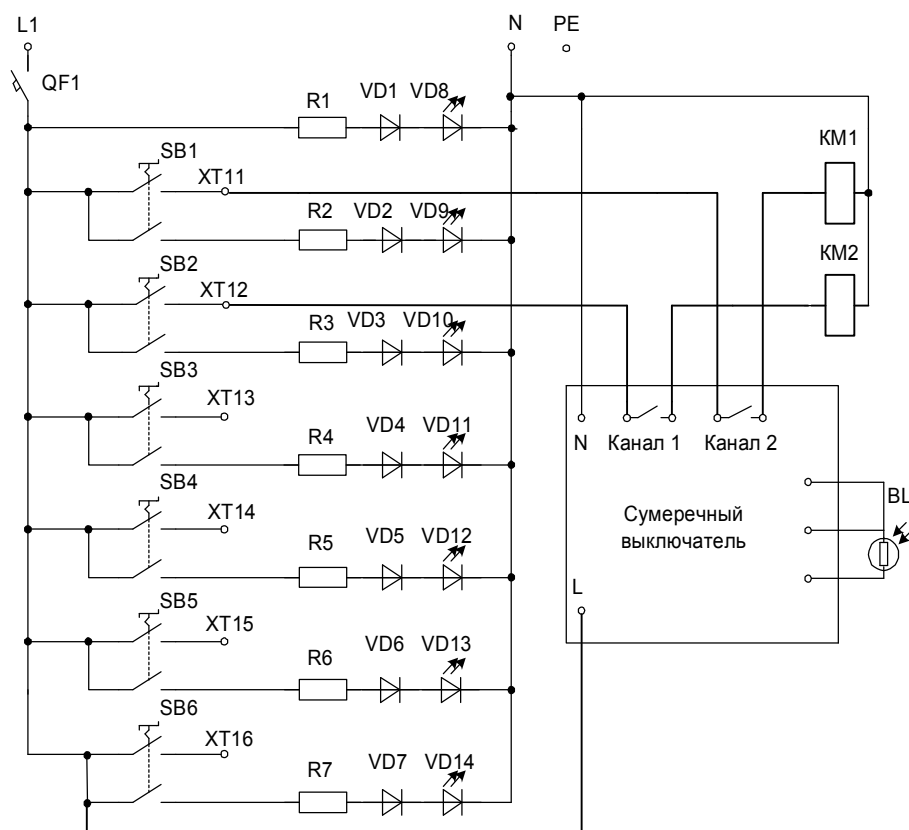


Рис. 4.3. Схема автоматического управления осветительной установкой внутреннего освещения

Технические данные сумеречного выключателя:

- напряжение 230 В переменного тока 50 Гц;
- пределы регулирования по каналу 1 – 2–150 лк, по каналу 2 – 150–7500 лк;
- номинальный ток контактов – 10 А.

Светочувствительный сумеречный выключатель имеет два независимых канала с двумя нормами регулируемой освещенности. Используется для подачи команд на *включение* – *отключение* освещения двух групп светильников, когда освещенность датчика достигает заданного порога.

Литература

1. Правила устройства электроустановок / М-во топлива и энергетики РФ. – 6-е изд., доп. и перераб. – М. : Главгосэнергоиздат России, 1998. – 608 с.
2. ТКП 339–2011. Электроустановки напряжением до 750 кВ. – Минск : М-во энергетики Респ. Беларусь, 2011. – 595 с.
3. ТКП 45–2.04–153–2009. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования. – Минск : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2009. – 59 с.
4. ГОСТ 30331.15–2001 (МЭК-5-52–93). Электроустановки зданий. Ч. 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52. Электропроводки. – Минск : Изд-во стандартов, 1993. – 17 с.
5. ГОСТ 30331.15–2001 (МЭК-5-52–93). Электроустановки зданий. Ч. 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники. – Минск : Изд-во стандартов, 1993. – 17 с.
6. Кнорринг, Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг. – Л. : Энергия, 1976. – 385 с.
7. Козловская, В. Б. Электрическое освещение : справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – 2-е изд. – Минск : Техноперспектива, 2008. – 271 с. : ил.
8. ГОСТ 21.608–2014. Правила выполнения рабочей документации внутреннего электрического освещения. Рабочие чертежи. – М. : Стандартиформ, 2014. – 18 с.
9. ГОСТ 21.210–2014. Условные графические изображения электрического оборудования и проводки на планах. – М. : Стандартиформ, 2014. – 14 с.
10. Ус, А. Г. Электрическое освещение : практ. пособие для курсового и дипломного проектирования по курсу «Электрическое освещение» для студентов специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение», 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» / А. Г. Ус, В. Д. Елкин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2005. – 111 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Технические данные электрооборудования

Таблица П.1.1

Технические данные ламп накаливания

Тип лампы	Потребляемая мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Тип цоколя
Б215-225-40	40	430	10,8	E27
БК215-225-40	40	475	11,9	
Б215-225-60	60	730	12,2	
БК215-225-60	60	800	13,3	
БК215-225-75	75	1030	13,7	
Б215-225-100	100	1380	13,8	
БК215-225-100	100	1500	15,0	

Таблица П.1.2

Технические данные люминесцентных ламп Т8

Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Цветовая температура, К	Индекс цветопередачи R_a
18	1250	69,4	3000	51
18	1200	66,7	4000	63
36	2850	79,2	4000	63
36	2500	69,4	6500	72
58	4600	79,3	4000	63

Таблица П.1.3

Технические данные люминесцентных ламп Т5

Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Цветовая температура, К
14	1200	96	3000, 4000
21	1900	100	3000, 4000
24	1750	83	2700, 3000, 4000
28	2600	104	2700, 3000

Окончание табл. П.1.3

Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Цветовая температура, К
35	3300	104	3000
39	3100	90	4000
49	4300	100	2700, 3000, 4000
54	4450	93	3000, 4000
80	6150	88	3000, 4000

Таблица П.1.4

Технические данные компактных люминесцентных ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Размеры, мм		Световой поток, лм	Тип цоколя
		длина	диаметр		
КЛ7/ТБЦП	7	135	28	400	G23
КЛ9/ТБЦП	9	167	28	600	G23
КЛ11/ТБЦП	11	235	28	900	G23
КЛС9/ТБЦ	9	150	85	425	E27
КЛС13/ТБЦ	13	160	85	600	E27
КЛС18/ТБЦ	18	170	85	900	E27
КЛС25/ТБЦ	25	180	85	1200	E27

Таблица П.1.5

Технические данные ртутных ламп ДРЛ

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип цоколя	Срок службы, тыс. ч
ДРЛ50(15)	50	1900	E27/27	10
ДРЛ80(6)	80	3300	E27/30	12
ДРЛ80(15)	—	3600	E27/27	—
ДРЛ125(6)	125	5900	E27/30	—
ДРЛ125(10)	—	6300	E27/30	12
ДРЛ250(10)-4	—	13500	—	12
ДРЛ250(14)-4	—	13500	—	—
ДРЛ400(6)-4	400	23500	E40/45	—
ДРЛ400(10)-4	—	24000	—	15
ДРЛ700(6)-3	700	40600	—	—

Окончание табл. П.1.5

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип цоколя	Срок службы, тыс. ч
ДРЛ700(10)-3	—	41000	E40/45	20
ДРЛ1000(6)-3	1000	58000	—	—
ДРЛ1000(10)-3	—	59000	E40/45	18

Таблица П.1.6

Технические данные металлогалогенных ламп ДРИ

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип цоколя	Срок службы, тыс. ч
ДРИ125	125	8300	E27/27	3
ДРИ175	175	12000	E40/45	4
ДРИ250-5	250	19000	E40/45	10
ДРИ250-6	250	19000	E40/45	3
ДРИ400-5	400	35000	E40/45	10
ДРИ400-6	400	32000	E40/45	3
ДРИ700-5	700	60000	E40/65x50	9
ДРИ700-6	700	56000	E40/65x50	3
ДРИ1000-6	1000	90000	E40/45	3
ДРИ2000-6	2000	200000	E40/65x50	2

Таблица П.1.7

Технические данные натриевых ламп ДНаТ

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип цоколя	Срок службы, тыс. ч
ДНаТ50	50	4000	E27	6
ДНаТ70	70	6000	E27	10
ДНаТ100	100	10000	E27	10
ДНаТ150	150	15000	E40	15
ДНаТ250	250	26000	E40	20
ДНаТ400	400	50000	E40	20

Таблица П.1.8

Технические данные индукционных ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип цоколя	Срок службы, тыс. ч
SATURN	40	2800	кольцевая	до 100
SATURN	80	6400	кольцевая	—
SATURN	120	9600	кольцевая	—
SATURN	150	12000	кольцевая	—
SATURN	200	15400	кольцевая	—
SATURN	300	23100	кольцевая	—
SATURN	15	720	E27	до 100
SATURN	23	1200	E27	—
SATURN	40	2400	E27	—
SATURN	50	3000	E27	—

Таблица П.1.9

Технические данные светодиодных ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип цоколя	Срок службы, тыс. ч
Светодиодные	3	210	E14, E27	25
Светодиодные	4,5	350	E14, E27	25
Светодиодные	5	430	E14, E27	25
Светодиодные	8	800	E14, E27	25
Светодиодные	10	1020	E14, E27	25
Светодиодные	18	2090	E14, E27	25

Таблица П.1.10

Номенклатура и основные параметры некоторых светильников

Тип, серия светильника	Мощность, Вт/ световой поток, лм	Степень защиты	КСС, класс светораспределения	КПД, %
Светильники с ртутными лампами высокого давления				
РСП05	250–1000	IP20	Д, Г	75
РСП08	250, 400	IP20	Д, Г	75
РСП12	700	IP52	Д, Г	62

Продолжение табл. П.1.10

Тип, серия светильника	Мощность, Вт/ световой поток, лм	Степень защиты	КСС, класс светораспределения	КПД, %
ГСП15	400	IP52	Д, Г	72
ГСП18	250, 400, 700	IP20	Д, Г	75
Светильники с люминесцентными лампами				
ЛСП02	1×36, 2×36	IP20	Д, Ш	70
ЛВП02	1×58	IP20	Д, Ш	50
ЛВП06	2×58	IP20	Д, Ш	52
ЛСП13	2×40 (2×36)	IP20	Д, Ш	75
Светильники с компактными люминесцентными лампами				
ФСП10-42	42	IP20, IP65	Ш, Д	70
ФСП10-57	57	IP20, IP65	Ш, Д	70
ФСП10-2х57	2×57	IP65	Д, Г	80
ФСП10-4х57	4×57	IP65	Д, Г	80
Светильники с индукционными лампами				
SATURN	80-200	IP65	Д, Г	80
Светильники с лампами накаливания				
НБП60	60	IP54	Ш	85
НПП04	60	IP20	Ш	55
Н4БН	150	IP54	Д, Ш	55
Н4Б-300МА	300	IP54	Д, Ш	50
ВЗГ/В4А200	200	IP54	Д, Ш	50
Светодиодные светильники				
ДПП01 105	105/10400	IP65	Д, Г	85
ДПП01 125	125/12600	IP65	Д, Г	85
ДПП01 150	150/15500	IP65	Д, Г	85
ДСП80 001	135/11000	IP65	Д, Г	85
ДСП180 002	270/22000	IP65	Д, Г	85
ДПУ13-50	50/4750	IP67	Д, Г	98
ДПУ14-100	100/11780	IP67	Д, Г	98
ДБО	10/720	IP20	Ш	60
С01-10	3,5/280	IP54	Ш	60

Окончание табл. П.1.10

Тип, серия светильника	Мощность, Вт/ световой поток, лм	Степень защиты	КСС, класс светораспределения	КПД, %
ДПО12-25	22/2500	IP20	Л	70
ДВО12-30	30/3250	IP40	Д, Л	80
ДВО12-40	40/4150	IP40	Д, Л	80
ДББLED	11/800	IP54, IP65	Л	60

Таблица П.1.11

**Длительный допустимый ток для кабелей с медными жилами
в поливинилхлоридной, нейритовой или резиновой оболочке**

Сечение жилы, мм ²	Ток, А, для проводов и кабелей при прокладке в воздухе		
	одножильных	двухжильных	трехжильных
1,5	23	19	19
2,5	30	27	25
4,0	41	38	35
6,0	50	50	42
10	80	70	55
16	100	90	75
25	140	115	95

Таблица П.1.12

**Длительные допустимые токовые нагрузки для проводов с резиновой
или поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами**

Сечение жил, мм ²	Длительный допустимый ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в трубе				
		два одножиль- ных	три одножиль- ных	четыре одножиль- ных	двухжиль- ный	трехжиль- ный
2,5	24	20	19	19	19	16
4,0	32	28	28	23	25	21
6,0	39	36	32	30	31	28
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65

Таблица П.1.13

**Длительно допустимый ток для проводов и шнуров с резиновой
и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами**

Сечение жил, мм ²	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одножилъ- ных	трех одножилъ- ных	четырёх одножилъ- ных	одного двухжилъ- ного	одного трехжилъ- ного
1,5	23	19	17	16	18	15
2,5	30	27	25	25	25	21
4	41	38	35	30	32	27
6	50	46	42	40	40	34
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85

Таблица П.1.14

**Технические данные автоматических выключателей серий ВА51 и ВА52
с комбинированным расцепителем**

Тип выключателя	Номинальный ток, А		Защитная характерис- тика
	выключателя	расцепителя	
Однополюсные			
ВА51-29	63	6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 63	<i>B, C, D</i>
Трёхполюсные			
ВА51-25	25	6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25	<i>B, C, D</i>
ВА51-31	100	6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	<i>B, C, D</i>

Таблица П.1.15

**Технические данные автоматических
выключателей серий ВА47-29 и ВА47-100**

Тип выключателя	Номинальный ток, А		Защитная характеристика
	выключателя	расцепителя	
Однополюсные			
ВА47-29	63	6,0; 8,0; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	<i>B, C, D</i>

Окончание табл. П.1.15

Тип выключателя	Номинальный ток, А		Защитная характеристика
	выключателя	расцепителя	
Трехполюсные			
BA47-29	63	6,0; 8,0; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100	<i>B, C, D</i>
Однополюсные			
BA47-100	100	10; 16; 25; 32; 35; 40; 50; 63; 80; 100	<i>B, C, D</i>
Трехполюсные			
BA47-100	100	10; 16; 25; 32; 35; 40; 50; 63; 80; 100	<i>B, C, D</i>

Таблица П.1.16

Распределительные шкафы серии ПР85

Тип- серия	Номиналь- ный ток шкафа, А	Автоматические выключатели, номинальный ток, А				
		Ввод	Распределение			
			Однополюсные	Трехполюсные		
		160, 250	до 63	до 63	до 100	до 200
ПР85-100	225	1	6	4	—	—
ПР85-101	225	1	12	6	—	—
ПР85-102	225	1	12	8	—	—
ПР85-103	225	1	6	6	6	1
ПР85-104	225	1	8	2	8	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Рекомендации по оформлению пояснительной записки и графической части

Объем пояснительной записки 15–20 страниц формата А4, набранной с помощью персонального компьютера. Шрифт Times New Roman, размер шрифта 14. Интервал 1,15. Поля обычные.

Первым листом пояснительной записки является титульный лист, страница не нумеруется (см. образец титульного листа).

Вторым листом является задание на курсовую работу. Эта страница тоже не нумеруется.

Следующим листом записки является «СОДЕРЖАНИЕ».

Лист содержания нумеруется начиная с цифры 3.

Далее идет «ВВЕДЕНИЕ».

После введения располагают: разделы и подразделы, заключение, список используемой литературы и при необходимости приложения.

Нумерация страниц расчетно-пояснительной записки должна быть сквозной. Номер страницы указывается в правом верхнем углу листа.

Рамка и штамп на листах пояснительной записки выполняются обязательно по стандартной форме.

Каждый раздел пояснительной записки начинается со страницы с рамкой и штампом 40 мм (см. форму заполнения штампа первого листа раздела).

Форма заполнения штампа на первом листе раздела

					КР 1-43 01 03.Э41.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разработал		Петров			ВВЕДЕНИЕ	Лит	Лист	Листов
Руководит.		Сидоров						
					ГТУ им. П.О. Сухого Кафедра «Электроснабжение»			

Последующие страницы раздела выполняются с рамками и штампом 15 мм (см. форму заполнения штампа последующих листов раздела).

Форма заполнения штампа на последующих листах раздела

					КР 1-43 01 03.Э41.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В штампе шифр пояснительной записки состоит из шифра специальности, номера группы и сокращенно ПЗ, например 1-43 01 03.Э41.ПЗ.

Изложение и оформление текста

Изложение текста записки должно идти от первого лица множественного числа, например, **предлагаем, вычисляем, принимаем, выбираем** и т. д. В форме следующих обращений – **приведены, указаны, даются, сведены в таблицу**.

Текст пояснительной записки при необходимости разделяют на разделы и подразделы.

Разделы текста начинаются с абзаца с отступом, равным пяти пробелам, и должны иметь порядковые номера в пределах всей записки, обозначенные арабскими цифрами без точки, например:

1 Выбор источников света для системы общего равномерного освещения цеха и вспомогательных помещений.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и номера подраздела, отделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится, например:

1 Выбор источников света для основного помещения цеха

.....

Выбор ламп для вспомогательных помещений

.....

После наименования раздела или подраздела точка не ставится.

Оформление расчетов

При оформлении расчетов необходимо вынести формулы из текстового материала в отдельные строки. В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой.

Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Например: ток вычисляется по формуле

$$I = \frac{U}{R},$$

где U – напряжение цепи, В; R – сопротивление, Ом.

Нумерация формул выполняется в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формул, разделенных точкой, например (1.1).

Ссылки на литературу указывают в квадратных скобках с указанием номера документа по списку литературы, например: **на основании требований, изложенных в [1], минимальное сечение жил алюминиевых проводов и кабелей должно быть 2,5 мм².**

Оформление иллюстраций и приложений

Иллюстрации могут быть расположены как по тексту пояснительной записки, так и в конце его.

Выполнять нумерацию иллюстраций необходимо в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, **Рисунок 1.1.**

При ссылках на иллюстрации следует писать: **в соответствии с рисунком 1.1.**

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом:

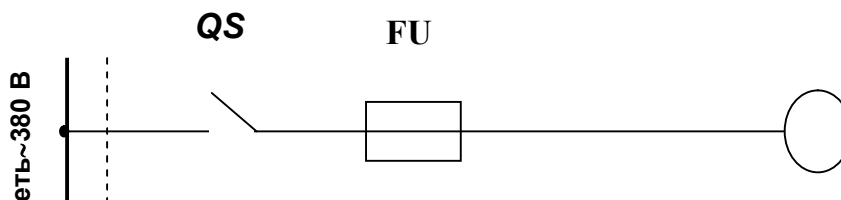


Рис. 1.1 – Схема электрическая

Оформление таблиц

Название таблицы должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей.

Таблицы, за исключением приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела, тогда номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, которые разделены точкой, например, «Таблица 1.1».

Пример оформления таблиц

Таблица 1.1

Исходные данные

Номер	Наименование	Тип, марка	Примечание
1	2	3	4

Если таблица имеет продолжение на следующей странице, то оформляется оно следующим образом:

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4

Оформление чертежа графической части

Графическая часть проекта иллюстрирует результаты работы и выполняется на листе формата А1 в соответствии с требованиями ГОСТ 2.301–68 «Форматы».

Каждый чертеж должен иметь основную надпись, расположенную в правом угловом штампе формата (форма для заполнения штампа).

Формы, размеры и содержание основных надписей определены ГОСТ 2.104–68. Наименование изделия записывают в именительном падеже, в единственном числе, помещая на первое место имя существительное.

Графическая часть проекта должна быть оформлена в соответствии с требованиями стандарта ЕСКД, ГОСТ 21.608–2014 «Правила выполнения рабочей документации внутреннего электрического освещения», ГОСТ 21.210–2014 «Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах», других нормативных документов.

Форма заполнения углового штампа чертежа

					КР 1-43 01 03. Э-41. ЭО			
					План расположения электрооборудования и прокладки электрических сетей электроосвещения	Лит	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		у		
Разраб.	Петров					Лист 1	Листов	
Проверил	Иванов					ГГТУ им. П.О.Сухого Кафедра «Электроснабжение»		

Чертеж должен содержать план помещений здания, выполненный в масштабе 1 : 100, экспликацию помещений, схему электрической сети освещения, таблицу заполнения осветительных щитков с автоматическими выключателями.

На плане помещений проставляется уровень нормируемой освещенности для каждого помещения, количество и тип светильников, количество и мощность ламп в светильнике, высота подвеса светильников над полом.

Для каждого помещения указываются данные сети освещения: номер группы, марка и сечение провода (кабеля), количество проводов на каждом участке сети и способ прокладки.

Образец титульного листа

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого»

Кафедра «Электроснабжение»

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине
«Электрическое освещение»

Тема: Проектирование электроосвещения гальванического цеха

Выполнил:
студент группы Э-41

Принял: к.т.н. доцент

2020

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Задание для выполнения курсовой работы

1. Светотехнические расчеты производить:
 - общего равномерного рабочего освещения методом коэффициента использования светового потока;
 - аварийного эвакуационного освещения и безопасности точечным методом;
 - после расчета методом коэффициента использования помещения с уровнем освещенности 100 лк и менее рассчитать методом удельной мощности.
2. Аварийное освещение устраивать в основном помещении цеха, КТП, электроцитовой.
3. Марку кабелей электропроводки выбирать с учетом окружающей среды в помещении.
4. Источники света и светильники выбирать с учетом энергоэффективности использования электрической энергии.

Варианты заданий к курсовой работе

Вариант 1

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}},$ кВ · А	$\Delta U_{\text{т}},$ %	$I_{\text{ТП}},$ м
1	Механосборочный цех	1	1 × 250	4,4	—
2	Венткамера				
3	Мастерская				
4	Кабинет ИТР				
5	КТП				
6	Санузел				

Вариант 2

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{м}$
1	Электроремонтный цех	2	1×160	4,6	—
7	Кабинет мастера				
8	Отделение обмотки				
9	Сушильное отделение				
10	Ремонт аппаратов				
11	КТП				

Вариант 3

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{м}$
1	Механический цех	3	1×400	4,8	40
2	Кладовая				
4	Кабинет мастера				
6	Мастерская				
8	Бойлерная				
11	Электрощитовая				

Вариант 4

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{м}$
1	Энергоцех	4	2×160	5,4	30
4	Мастерская				
8	Лаборатория				
9	Санузел				
10	Мастерская				
11	Электрощитовая				

Вариант 5

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Инструментальный цех	5	1×160	5,2	35
3	Заточное отделение				
5	Кабинет ИТР				
7	Гардероб				
9	Склад				
11	Электрощитовая				

Вариант 6

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Столярный цех	6	1×250	5,8	—
3	Сушильное отделение				
4	Склад продукции				
7	КТП				
8	Мастерская				
9	Венткамера				

Вариант 7

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Ремонтно-механический цех	7	1×250	4,4	—
7	Мехмастерская				
8	Склад				
9	Кладовая				
10	Склад				
11	КТП				

Вариант 8

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Насосная станция	8	1×160	3,2	—
3	Мехмастерская				
5	Комната дежурного				
7	Электромастерская				
9	Санузел				
11	КТП				

Вариант 9

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Котельная	9	2×160	3,6	—
2	Лаборатория ХВО				
4	КИПиА				
6	Венткамера				
7	Электромастерская				
11	КТП				

Вариант 10

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Сварочный цех	10	1×160	3,8	—
3	Кладовая				
6	Электромастерская				
7	Слесарная мастерская				
9	Электрощитовая				
11	КТП				

Вариант 11

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{м}$
1	Литейный цех	1	2×400	4,4	—
2	Кабинет мастеров				
3	Кабинет технологов				
4	Лаборатория				
7	КТП				
8	Умывальник				

Вариант 12

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{м}$
1	Швейный цех	2	1×250	4,2	32
7	Склад продукции				
8	Мастерская				
9	Электрощитовая				
10	Комната технолога				
11	Гладильное отделение				

Вариант 13

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{м}$
1	Авторемонтный цех	3	1×160	4,5	
2	Аккумуляторная				
3	Ремонт аппаратуры				
7	КТП				
8	Венткамера				
9	Склад				

Вариант 14

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{ит}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{тп}}, \text{м}$
1	Сборочный цех	4	1×400	4,7	—
4	Сварочный участок				
5	Склад				
6	КТП				
10	Кабинет мастеров				
11	Кладовая				

Вариант 15

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{ит}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{тп}}, \text{м}$
1	Деревообрабатывающий цех	5	1×250	4,9	—
5	Заточное отделение				
6	Сушильное отделение				
7	КТП				
8	Склад				
9	Кладовая				

Вариант 16

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{ит}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{тп}}, \text{м}$
1	Транспортный цех	6	1×160	3,1	42
2	Электрощитовая				
3	Зарядное отделение				
4	Сварочное отделение				
7	Кабинет				
8	Бойлерная				

Вариант 17

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Кислородная станция	7	2×160	3,3	—
7	КТП				
8	Комната дежурного				
9	Дежурный электромонтер				
10	Склад баллонов				
11	Кладовая				

Вариант 18

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Мотороремонтный цех	8	1×160	3,5	—
4	Сварочное отделение				
5	Шлифовальное отделение				
6	КТП				
8	Сборочное отделение				
9	Кладовая				

Вариант 19

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Заготовительный цех	9	1×160	3,7	—
3	Разметочное отделение				
5	Сварочное отделение				
7	Заточное отделение				
9	КТП				
11	Комната мастеров				

Вариант 20

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Кузнечный цех	10	2×400	3,9	33
2	Венткамера				
3	Электрощитовая				
4	Сварочное отделение				
8	Склад				
10	Комната мастеров				

Вариант 21

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Цех искусственного меха	1	1×400	4,1	
2	Склад сырья				
3	Склад продукции				
4	Кабинет технологов				
8	Электрощитовая				
9	Венткамера				

Вариант 22

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Цех химического мела	2	1×250	4,2	—
7	Приготовительное отделение				
8	Упаковочное отделение				
9	Кладовая				
10	Венткамера				
11	КТП				

Вариант 23

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Лесопильный цех	3	1×250	4,3	—
4	Венткамера				
5	Кабинет мастеров				
7	КТП				
8	Склад				
9	Сушильное отделение				

Вариант 24

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Цех производства фанеры	4	2×160	4,4	—
5	Склад продукции				
6	КТП				
8	Заготовительное отделение				
10	Тепловой узел				
11	Санузел				

Вариант 25

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Цех производства ДСП	5	2×250	4,5	—
2	КТП				
4	Склад сырья				
7	Умывальник				
8	Венткамера				
10	Кабинет начальника смены				

Вариант 26

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{тп}}, \text{м}$
1	Цех производства мебели	6	1×250	4,5	—
3	КТП				
4	Заготовительное отделение				
7	Склад				
8	Венткамера				
9	Кабинет мастеров				

Вариант 27

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{тп}}, \text{м}$
1	Цех стройматериалов	7	2×100	4,5	40
4	Склад				
6	Электрощитовая				
8	Заготовительное отделение				
9	Санузел				
10	Кабинет технологов				

Вариант 28

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{тп}}, \text{м}$
1	Мясной цех	8	1×100	4,5	—
2	КТП				
4	Подготовительное отделение				
7	Холодильная камера				
8	Кладовая				
9	Кабинет				

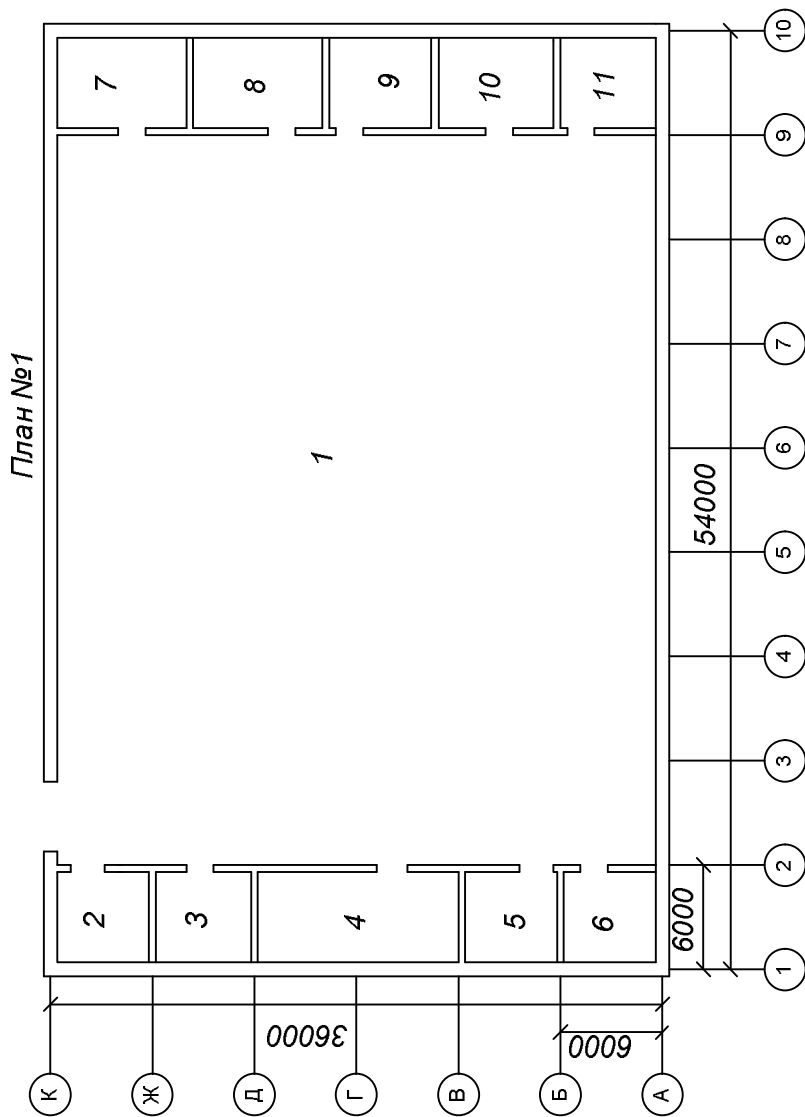
Вариант 29

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Заготовительный цех	9	1×250	4,5	35
2	Кабинет начальника цеха				
4	Электромастерская				
6	Склад				
8	Венткамера				
10	Электрощитовая				

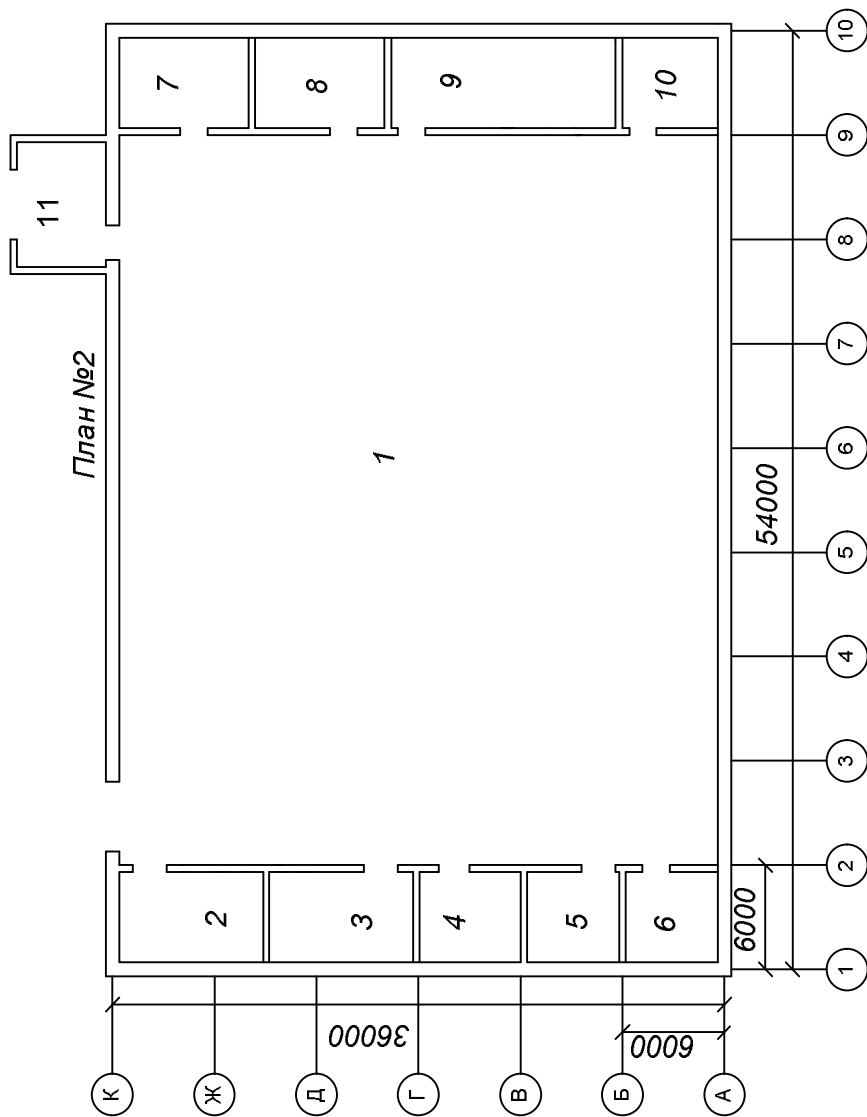
Вариант 30

Номер помещений	Наименование помещений	Номер плана	Источник питания		
			$n \times S_{\text{нт}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\Delta U_{\text{т}}, \%$	$I_{\text{ТП}}, \text{М}$
1	Механосборочный цех	10	1×250	4,5	—
3	Склад сырья				
5	Заготовительное отделение				
7	КТП				
9	Венткамера				
10	Кабинет технологов				

Планы помещений

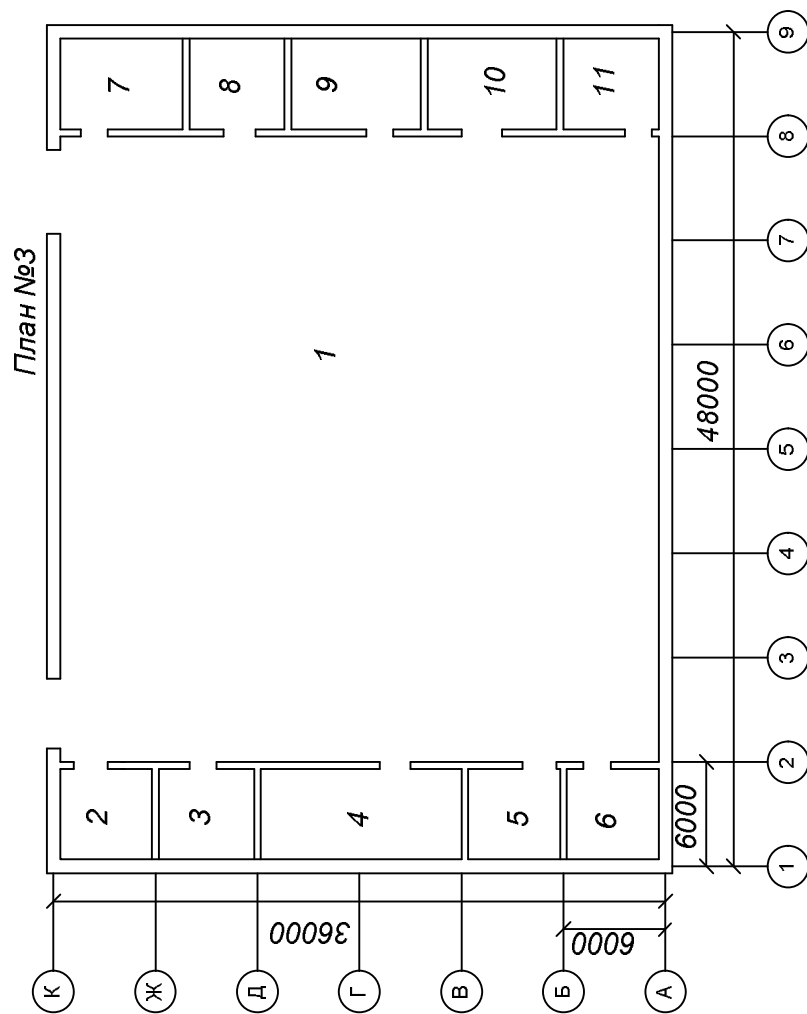


Помер	Размеры помещений, м		
	длина	ширина	высота
1	42	36	8
2	6	6	4
3	6	6	4
4	12	6	4
5	6	6	4
6	6	6	4
7	7	6	3
8	9	6	3
9	6	6	3
10	8	6	3
11	6	6	3

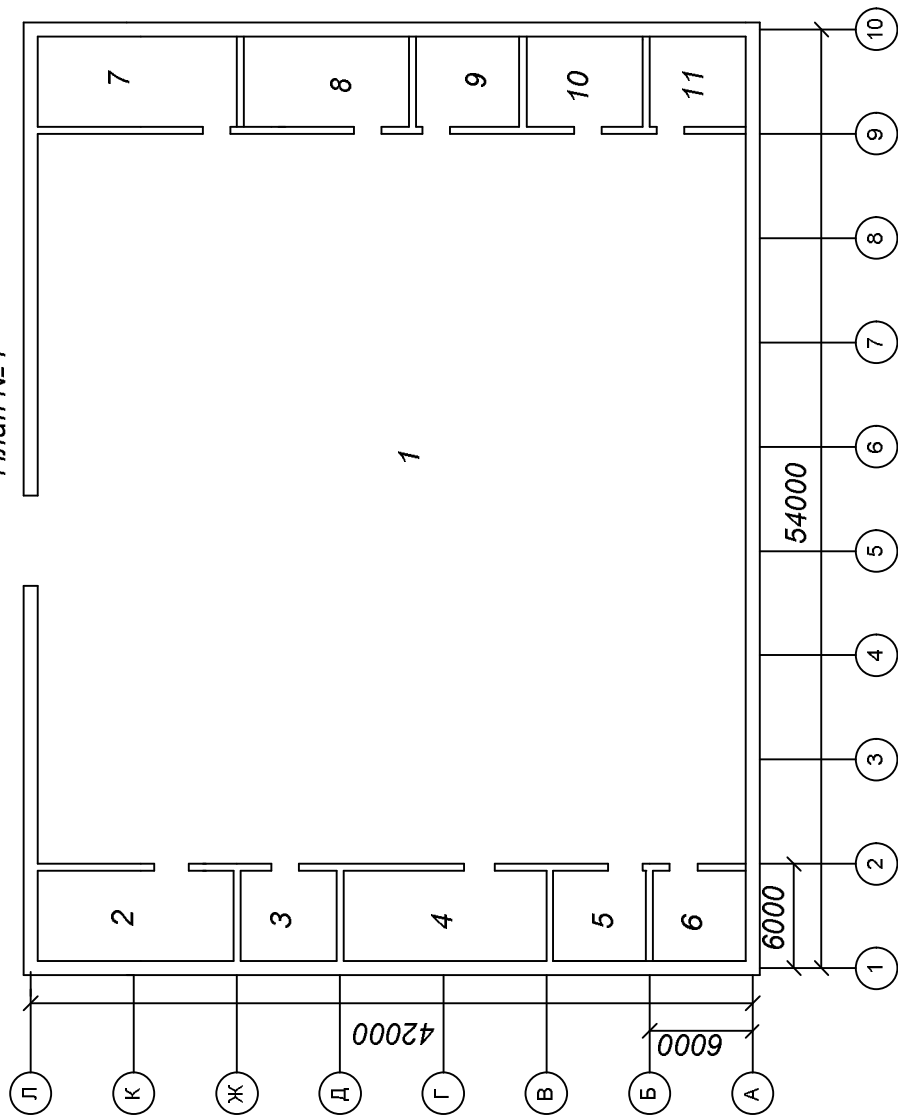


Номер	Размеры помещений, м		
	длина	ширина	высота
1	42	36	9
2	9	6	3
3	9	6	3
4	6	6	3
5	6	6	3
6	6	6	3
7	8	6	4
8	8	6	4
9	14	6	4
10	6	6	4
11	6	6	5

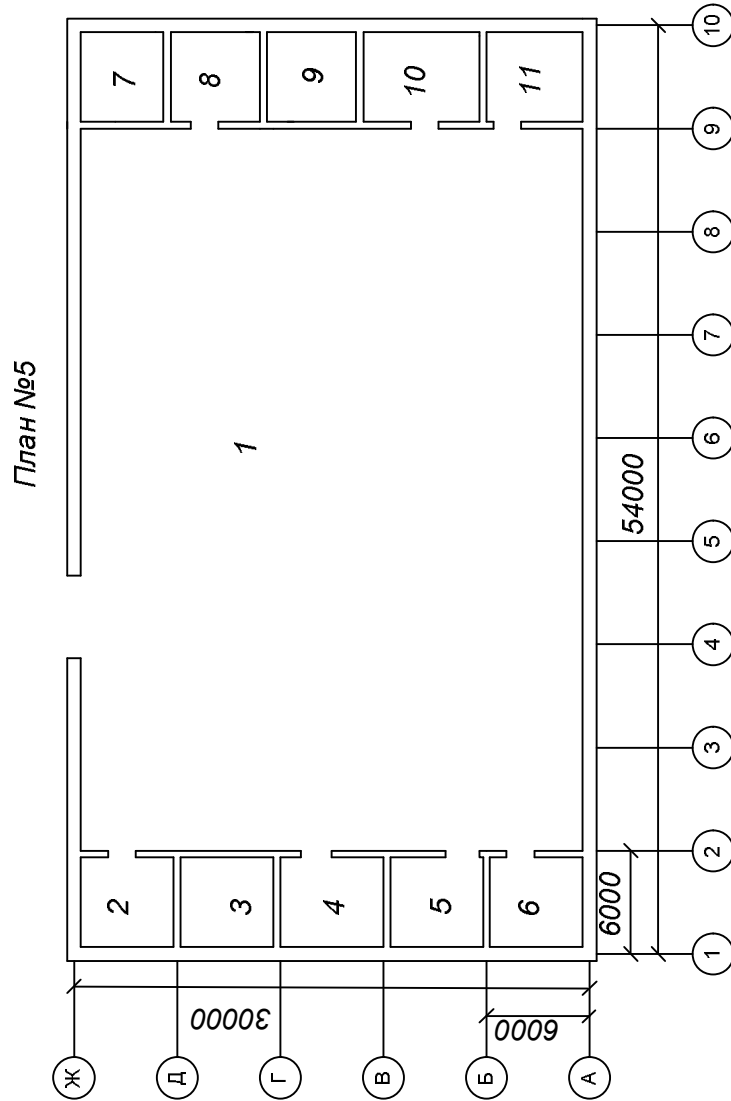
Номер	Размеры помещений, м		
	длина	ширина	высота
1	36	36	8,5
2	6	6	3,5
3	6	6	3,5
4	12	6	3,5
5	6	6	3,5
6	6	6	3,5
7	7	6	4,5
8	9	6	4,5
9	6	6	4,5
10	8	6	4,5
11	6	6	4,5



План №4

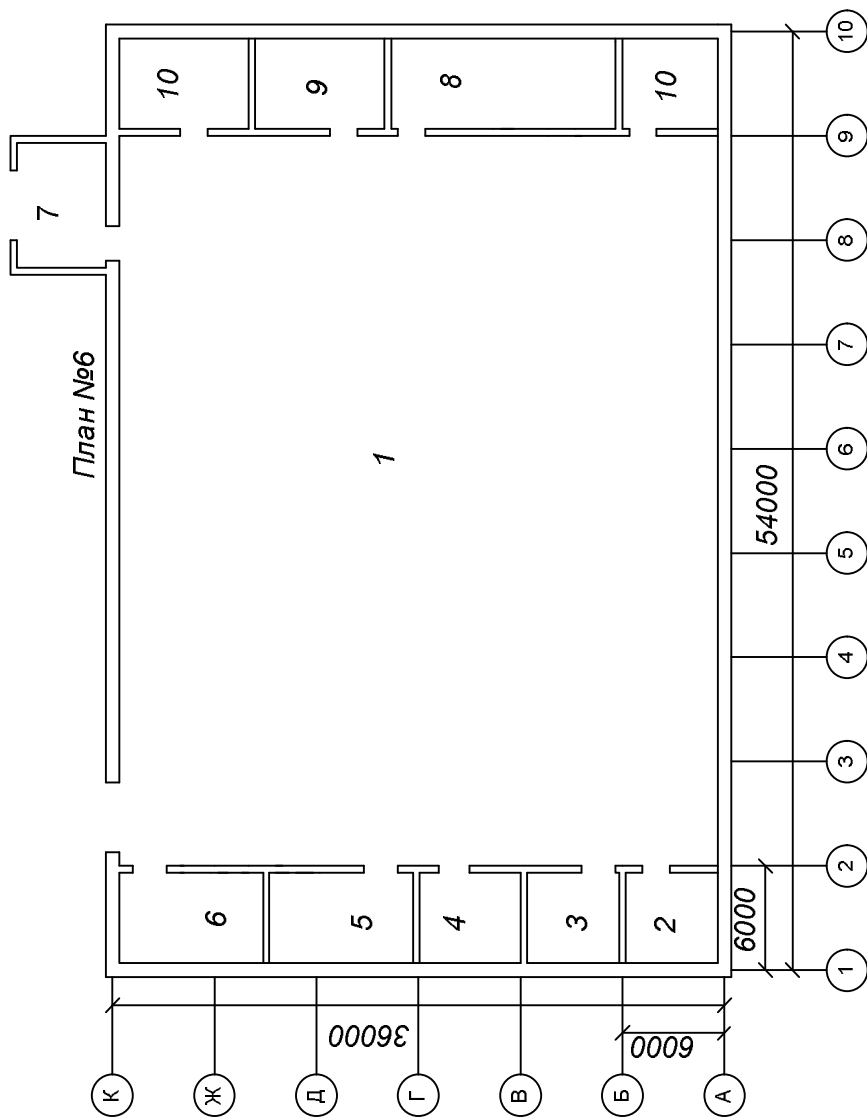


Номер	Размеры помещений, м		
	длина	ширина	высота
1	42	42	11
2	12	6	4
3	6	6	4
4	12	6	4
5	6	6	4
6	6	6	4
7	12	6	4,5
8	9	6	4,5
9	6	6	4,5
10	8	6	4,5
11	6	6	4,5



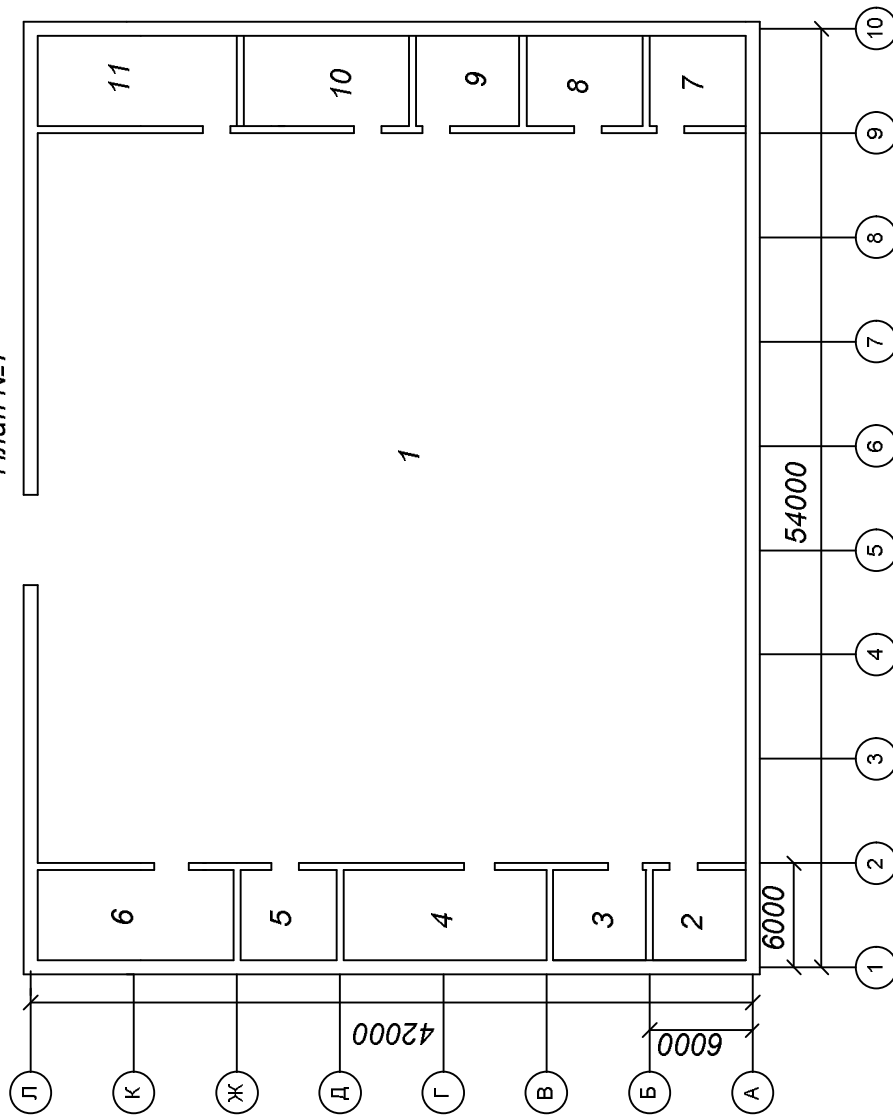
Размеры помещений

Номер	Размеры помещений, м		
	длина	ширина	высота
1	42	30	12
2	6	6	3
3	6	6	3
4	6	6	3
5	6	6	3
6	6	6	3
7	4	6	4
8	6	6	4
9	6	6	4
10	8	6	4
11	6	6	4

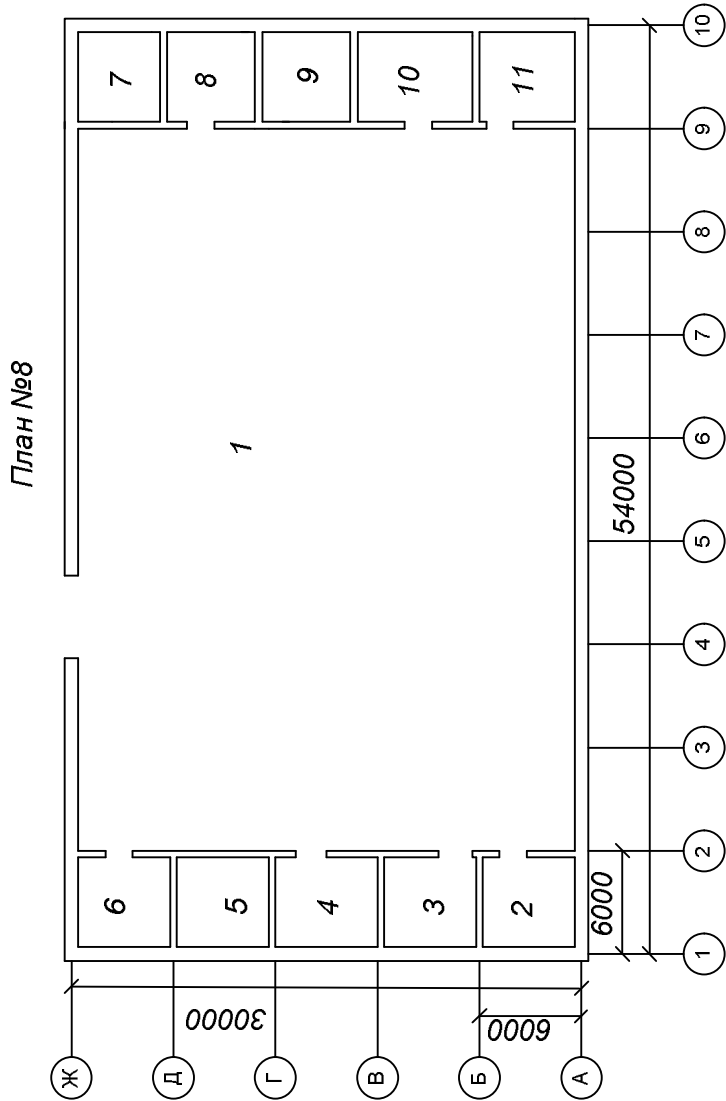


Номер	Размеры помещений, м		
	длина	ширина	высота
1	42	36	9
2	6	6	4
3	6	6	4
4	6	6	4
5	9	6	4
6	9	6	4
7	8	6	5
8	14	6	3
9	8	6	3
10	6	6	3
11	6	6	3

План №7



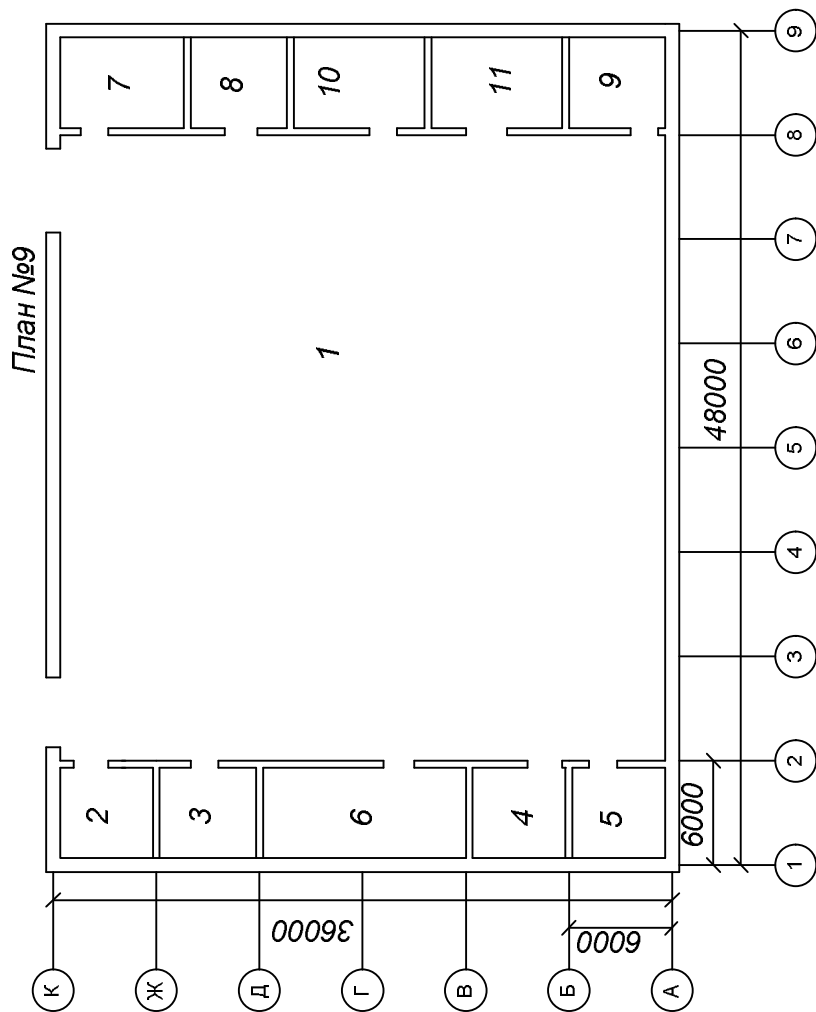
Homop	Размеры помещений, м		
	длина	ширина	высота
1	42	42	11
2	6	6	3,5
3	6	6	3,5
4	12	6	3,5
5	6	6	3,5
6	12	6	3,5
7	6	6	4
8	7	6	4
9	7	6	4
10	12	6	4
11	12	6	4

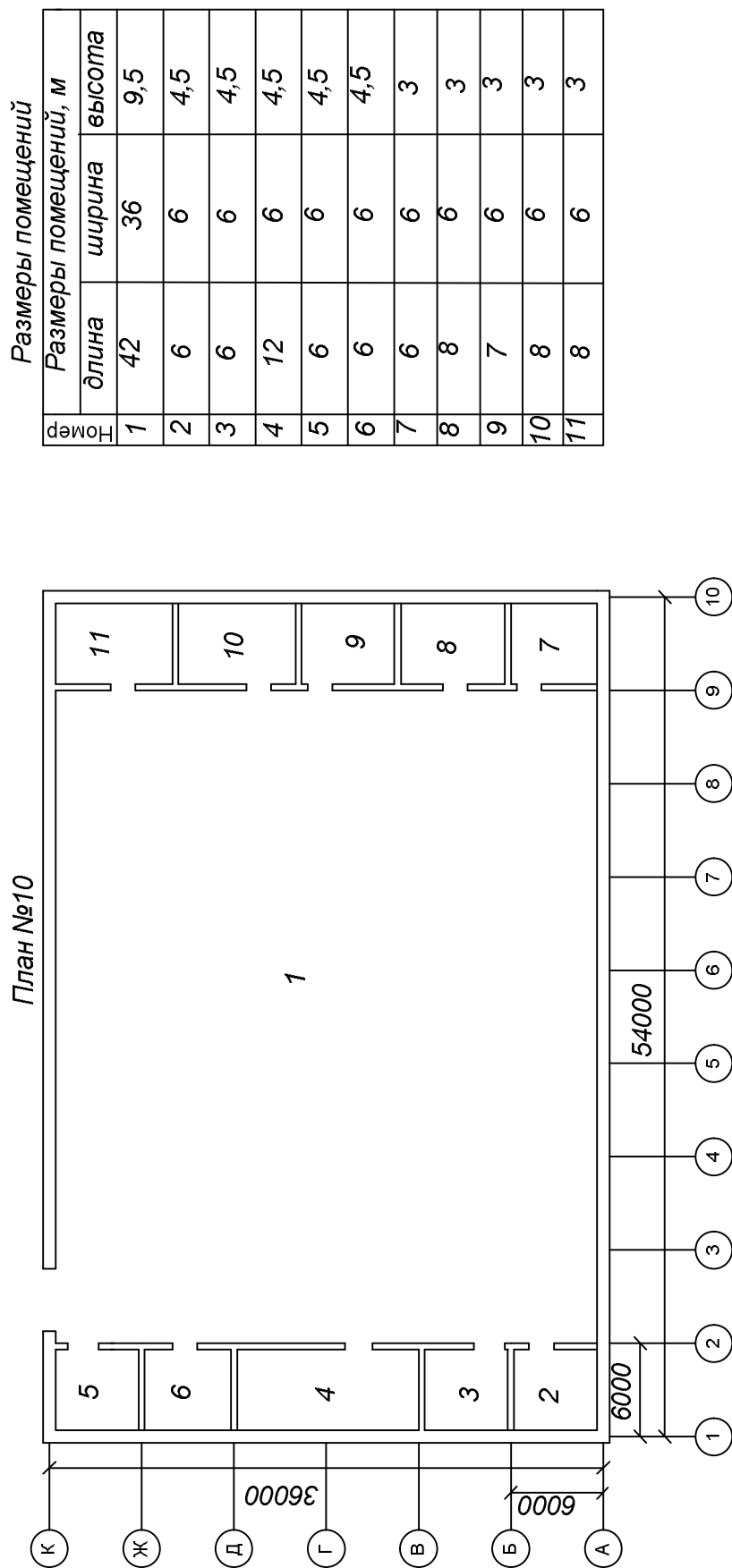


Размеры помещений

Номер	Размеры помещений, м		
	длина	ширина	высота
1	42	30	8
2	6	6	3
3	6	6	3
4	6	6	3
5	6	6	3
6	6	6	3
7	6	6	4
8	6	6	4
9	6	6	4
10	8	6	4
11	6	6	4

Номер	Размеры помещений, м		
	длина	ширина	высота
1	36	36	9,0
2	6	6	3
3	6	6	3
4	12	6	3
5	6	6	3
6	6	6	3
7	7	6	4
8	9	6	4
9	6	6	4
10	8	6	4
11	6	6	4





Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Елкин Валерий Дмитриевич
Иванейчик Андрей Владимирович**

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Электронный аналог печатного издания

Редактор *Н. В. Гладкова*
Компьютерная верстка *И. П. Минина*

Подписано в печать 09.09.20.
Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл. печ. л. 6,04. Уч.-изд. л. 5,62.
Изд. № 35.
<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение
Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого.
Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.
пр. Октября, 48, 246746, г. Гомель